

ELECTRON EMITTING DEVICE, COLD CATHODE FIELD ELECTRON EMITTING DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR, AND COLD CATHODE FIELD ELECTRON EMITTING DISPLAY DEVICE AND METHOD OF ITS MANUFACTURE

Publication number: JP2002150922

Publication date: 2002-05-24

Inventor: INOUE KOJI; MUROYAMA MASAKAZU; YAGI TAKAO

Applicant: SONY CORP

Classification:

- international: H01J1/304; H01J3/02; H01J9/02; H01J29/04;
H01J31/12; H01J1/30; H01J3/00; H01J9/02;
H01J29/04; H01J31/12; (IPC1-7): H01J1/304; H01J9/02

- european: H01J3/02B2; H01J9/02B2

Application number: JP20010241676 20010809

Priority number(s): JP20010241676 20010809; JP20000262753 20000831

Also published as:

US2002079802 (A1)

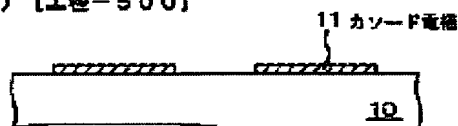
Report a data error here

Abstract of JP2002150922

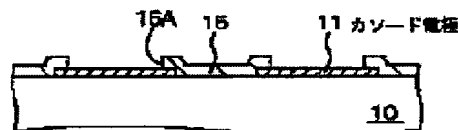
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method of a cold cathode field electron emitting element which is capable of electron emission of a further lower field and can make the forming temperature of the electron emitting part to be low temperature, and in which, moreover the electron emitting part made of carbon is formed surely at the desired portion of the conductive layer. **SOLUTION:** The manufacturing method of the cold cathode field electron emitting element is made of (a) a process in which a cathode electrode 11 is formed on the support body 10, (b) a process in which an electron emitting part forming layer 50 is formed on the cathode electrode 11, and (c) a process in which an electron emitting part 15 of gimlet-shape made of carbon is formed on the electron emitting part forming layer 50.

【図16】

(A) 【工程-500】



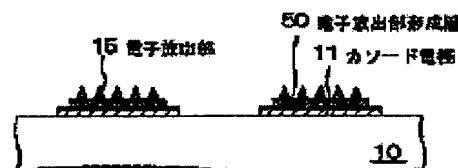
(B) 【工程-510】



(C) 【工程-520】



(D) 【工程-530】



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-150922
(P2002-150922A)

(43) 公開日 平成14年5月24日 (2002.5.24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 J	1/304	H 0 1 J	B
	9/02		F

審査請求 未請求 請求項の数50 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2001-241676(P2001-241676)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22) 出願日	平成13年8月9日(2001.8.9)	(72) 発明者	井上 浩司 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2000-262753(P2000-262753)	(72) 発明者	室山 雅和 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(32) 優先日	平成12年8月31日(2000.8.31)	(72) 発明者	八木 貴郎 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	100094363 弁理士 山本 孝久

(54) 【発明の名称】 電子放出装置、冷陰極電界電子放出素子及びその製造方法、並びに、冷陰極電界電子放出表示装置及びその製造方法

(57) 【要約】

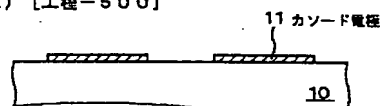
【課題】 より一層低い電界での電子放出が可能であり、電子放出部の形成温度を低温とすることができ、しかも、導電体層の所望の部位に確実に炭素から成る電子放出部が形成された冷陰極電界電子放出素子の製造方法を提供する。

【解決手段】 冷陰極電界電子放出素子の製造方法は、

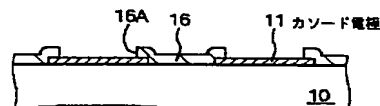
(a) 支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、(b) カソード電極11上に電子放出部形成層50を形成する工程と、(c) 電子放出部形成層50上に炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程から成る。

【図16】

(A) 【工程-500】



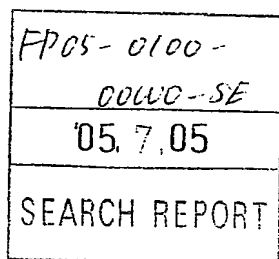
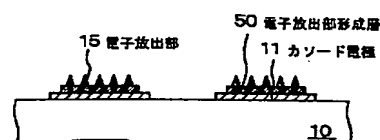
(B) 【工程-510】



(C) 【工程-520】



(D) 【工程-530】



【特許請求の範囲】

【請求項1】導電体層上に炭素から成る錐状の電子放出部を備えていることを特徴とする電子放出装置。

【請求項2】導電体層と電子放出部との間には電子放出部形成層が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の電子放出装置。

【請求項3】錐状の電子放出部の底面積を S 、高さを H としたとき、 $H/(S/\pi)^{1/2}$ の値は3乃至7であることを特徴とする請求項1に記載の電子放出装置。

【請求項4】(A)支持体上に形成されたカソード電極、及び、

(B)カソード電極上に形成された、炭素から成る錐状の電子放出部、を備えていることを特徴とする冷陰極電界電子放出素子。

【請求項5】開口部を有するゲート電極を更に備え、開口部の底部に位置するカソード電極の部分に電子放出部が形成されていることを特徴とする請求項4に記載の冷陰極電界電子放出素子。

【請求項6】支持体及びカソード電極上には絶縁層が形成されており、

絶縁層上にゲート電極が設けられており、ゲート電極に設けられた開口部に連通した第2の開口部が絶縁層に形成されており、

第2の開口部の底部に電子放出部が露出していることを特徴とする請求項4に記載の冷陰極電界電子放出素子。

【請求項7】カソード電極と電子放出部との間には電子放出部形成層が形成されていることを特徴とする請求項4に記載の冷陰極電界電子放出素子。

【請求項8】開口部を有するゲート電極を更に備え、少なくとも、開口部の底部に位置するカソード電極の部分の表面に電子放出部形成層が形成されており、電子放出部形成層上に電子放出部が形成されていることを特徴とする請求項7に記載の冷陰極電界電子放出素子。

【請求項9】支持体及びカソード電極上には絶縁層が形成されており、

絶縁層上にゲート電極が設けられており、ゲート電極に設けられた開口部に連通した第2の開口部が絶縁層に形成されており、

第2の開口部の底部に電子放出部が露出していることを特徴とする請求項7に記載の冷陰極電界電子放出素子。

【請求項10】電子放出部形成層は金属薄膜から成ることを特徴とする請求項7に記載の冷陰極電界電子放出素子。

【請求項11】金属薄膜は、ニッケル、モリブデン、タタン、クロム、コバルト、タングステン、ジルコニウム、タンタル、鉄、銅、白金、亜鉛、カドミウム、ゲルマニウム、錫、鉛、ビスマス、銀、金、インジウム及びタリウムから成る群から選択された少なくとも1種類の金属から構成されていることを特徴とする請求項10に

記載の冷陰極電界電子放出素子。

【請求項12】錐状の電子放出部の底面積を S 、高さを H としたとき、 $H/(S/\pi)^{1/2}$ の値は3乃至7であることを特徴とする請求項4に記載の冷陰極電界電子放出素子。

【請求項13】(a)支持体上にカソード電極を形成する工程と、

(b)カソード電極の表面に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程、から成ることを特徴とする冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項14】前記工程(b)に引き続き、電子放出部の上方に、開口部を有するゲート電極を設ける工程を更に備えることを特徴とする請求項13に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項15】前記工程(a)と工程(b)との間に、支持体及びカソード電極上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通する第2の開口部を絶縁層に形成する工程、

を備え、

前記工程(b)において、第2の開口部の底部に位置するカソード電極上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成することを特徴とする請求項13に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項16】前記工程(b)に引き続き、支持体及び電子放出部上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通し、底部に電子放出部が露出した第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を更に備えることを特徴とする請求項13に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項17】炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程は、支持体にバイアス電圧を印加した状態で、プラズマ密度が $1.0 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ 以上の条件のプラズマCVD法に基づくことを特徴とする請求項13に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項18】プラズマCVD法は、誘導結合型プラズマCVD法、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法、ヘリコン波プラズマCVD法、又は、容量結合型プラズマCVD法であることを特徴とする請求項17に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項19】炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程における支持体加熱温度は、 500°C 以下であることを特徴とする請求項17に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項20】炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程は、支持体にバイアス電圧を印加した状態で、電子温度が1乃至 15 eV 、イオン電流密度が 0.1 mA/cm^2 乃至 30 mA/cm^2 の条件のプラズマCVD法に基づくことを特徴とする請求項13に記載の冷陰極電

界電子放出素子の製造方法。

【請求項21】プラズマCVD法は、誘導結合型プラズマCVD法、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法、ヘリコン波プラズマCVD法、又は、容量結合型プラズマCVD法であることを特徴とする請求項20に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項22】炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程における支持体加熱温度は、 500°C 以下であることを特徴とする請求項20に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項23】(a) 支持体上にカソード電極を形成する工程と、

(b) カソード電極上に電子放出部形成層を形成する工程と、

(c) 電子放出部形成層上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程、から成ることを特徴とする冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項24】前記工程(b)と工程(c)との間に、電子放出部形成層の上方に開口部を有するゲート電極を設ける工程、を更に備え、

前記工程(c)において、開口部の下方の電子放出部形成層上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成することを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項25】前記工程(b)と工程(c)との間に、支持体及び電子放出部形成層上に絶縁層を形成する工程と、

絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通する第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を備え、

前記工程(c)において、第2の開口部の底部に位置する電子放出部形成層上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成することを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項26】前記工程(a)と工程(b)との間に、支持体及びカソード電極上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通する第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を備え、

前記工程(b)において、第2の開口部の底部に位置するカソード電極上に電子放出部形成層を形成することを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項27】前記工程(c)に引き続き、電子放出部の上方に、開口部を有するゲート電極を設ける工程を更に備えることを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項28】前記工程(c)に引き続き、支持体及び電子放出部上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、

ゲート電極に設けられた開口部に連通し、底部に電子放出部が露出した第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を更に備えることを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項29】炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程は、支持体にバイアス電圧を印加した状態で、プラズマ密度が $1.0 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ 以上の条件のプラズマCVD法に基づくことを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

10 【請求項30】プラズマCVD法は、誘導結合型プラズマCVD法、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法、ヘリコン波プラズマCVD法、又は、容量結合型プラズマCVD法であることを特徴とする請求項29に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項31】炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程における支持体加熱温度は、 500°C 以下であることを特徴とする請求項29に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

20 【請求項32】炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程は、支持体にバイアス電圧を印加した状態で、電子温度が1乃至15 eV、イオン電流密度が 0.1 mA/cm^2 乃至 30 mA/cm^2 の条件のプラズマCVD法に基づくことを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項33】プラズマCVD法は、誘導結合型プラズマCVD法、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法、ヘリコン波プラズマCVD法、又は、容量結合型プラズマCVD法であることを特徴とする請求項32に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

30 【請求項34】炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程における支持体加熱温度は、 500°C 以下であることを特徴とする請求項32に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項35】電子放出部形成層は金属薄膜から成ることを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項36】電子放出部形成層を、物理的気相成長法又はメッキ法に基づき形成することを特徴とする請求項35に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

40 【請求項37】金属薄膜は、ニッケル、モリブデン、チタン、クロム、コバルト、タングステン、ジルコニウム、タンタル、鉄、銅、白金、亜鉛、カドミウム、ゲルマニウム、錫、鉛、ビスマス、銀、金、インジウム及びタリウムから成る群から選択された少なくとも1種類の金属から構成されていることを特徴とする請求項35に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項38】電子放出部形成層を形成した後、電子放出部形成層表面の酸化物を除去することを特徴とする請求項23に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

50 【請求項39】電子放出部形成層表面の酸化物を、プラ

ズマ還元処理若しくは洗浄処理によって除去することを特徴とする請求項38に記載の冷陰極電界電子放出素子の製造方法。

【請求項40】複数の画素から構成され、各画素は、支持体上に形成された冷陰極電界電子放出素子と、冷陰極電界電子放出素子に対向して基板上に設けられたアノード電極及び蛍光体層から構成され、各冷陰極電界電子放出素子は、

(A) 支持体上に形成されたカソード電極、及び、
(B) カソード電極上に形成された、炭素から成る錐状の電子放出部、を備えていることを特徴とする冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項41】各冷陰極電界電子放出素子は、開口部を有するゲート電極を更に備え、開口部の底部に位置するカソード電極の部分に電子放出部が形成されていることを特徴とする請求項40に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項42】支持体及びカソード電極上には絶縁層が形成されており、絶縁層上にゲート電極が設けられており、ゲート電極に設けられた開口部に連通した第2の開口部が絶縁層に形成されており、第2の開口部の底部に電子放出部が露出していることを特徴とする請求項40に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項43】カソード電極と電子放出部との間には電子放出部形成層が形成されていることを特徴とする請求項40に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項44】各冷陰極電界電子放出素子は、開口部を有するゲート電極を更に備え、少なくとも、開口部の底部に位置するカソード電極の部分の表面に電子放出部形成層が形成されており、電子放出部形成層上に電子放出部が形成されていることを特徴とする請求項43に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項45】支持体及びカソード電極上には絶縁層が形成されており、絶縁層上にゲート電極が設けられており、ゲート電極に設けられた開口部に連通した第2の開口部が絶縁層に形成されており、第2の開口部の底部に電子放出部が露出していることを特徴とする請求項43に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項46】電子放出部形成層は金属薄膜から成ることを特徴とする請求項43に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項47】金属薄膜は、ニッケル、モリブデン、チタン、クロム、コバルト、タングステン、ジルコニウム、タンタル、鉄、銅、白金、亜鉛、カドミウム、ゲルマニウム、錫、鉛、ビスマス、銀、金、インジウム及び

タリウムから成る群から選択された少なくとも1種類の金属から構成されていることを特徴とする請求項46に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項48】錐状の電子放出部の底面積をS、高さをHとしたとき、 $H/(S/\pi)^{1/2}$ の値は3乃至7であることを特徴とする請求項40に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項49】アノード電極及び蛍光体層が形成された基板と、冷陰極電界電子放出素子が形成された支持体とを、蛍光体層あるいはアノード電極と冷陰極電界電子放出素子とが対向するように配置し、基板と支持体とを周縁部において接合する冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法であって、冷陰極電界電子放出素子を、

(a) 支持体上にカソード電極を形成する工程と、
(b) カソード電極上に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程、に基づき形成することを特徴とする冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法。

【請求項50】アノード電極及び蛍光体層が形成された基板と、冷陰極電界電子放出素子が形成された支持体とを、蛍光体層あるいはアノード電極と冷陰極電界電子放出素子とが対向するように配置し、基板と支持体とを周縁部において接合する冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法であって、冷陰極電界電子放出素子を、

(a) 支持体上にカソード電極を形成する工程と、
(b) カソード電極上に電子放出部形成層を形成する工程と、
(c) 電子放出部形成層上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程、に基づき形成することを特徴とする冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子放出装置、冷陰極電界電子放出素子及びその製造方法、並びに、冷陰極電界電子放出表示装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】テレビジョン受像機や情報端末機器に用いられる表示装置の分野では、従来主流の陰極線管(CRT)から、薄型化、軽量化、大画面化、高精細化の要求に応え得る平面型(フラットパネル型)の表示装置への移行が検討されている。このような平面型の表示装置として、液晶表示装置(LCD)、エレクトロルミネッセンス表示装置(ELD)、プラズマ表示装置(PDP)、冷陰極電界電子放出表示装置(FED:フィールドエミッションディスプレイ)を例示することができる。このなかでも、液晶表示装置は情報端末機器用の表示装置として広く普及しているが、据置き型のテレビジョン受像機に適用するには、高輝度化や大型化に未だ課題を残している。

【0003】真空中に置かれた金属や半導体等に或る閾値以上の電界を印加すると、金属や半導体の表面近傍のエネルギー障壁を電子が量子トンネル効果により通過し、常温でも真空中に電子が放出されるようになる。かかる原理に基づく電子放出は、冷陰極電界電子放出、あるいは電界放出（フィールドエミッション）と呼ばれる。近年、この電界電子放出の原理を画像表示に応用した平面型の冷陰極電界電子放出表示装置、フィールドエミッションディスプレイ（FED）が提案されており、高輝度、低消費電力等の長所を有することから、従来の陰極線管（CRT）に代わる画像表示装置として期待されている。

【0004】図21に、冷陰極電界電子放出素子（以下、電界放出素子と呼ぶ場合がある）を利用した冷陰極電界電子放出表示装置（以下、表示装置と呼ぶ場合がある）の構成例を示す。図示した電界放出素子は、円錐形の電子放出部を有する、所謂スピント（Spindt）型電界放出素子と呼ばれるタイプの電界放出素子である。この電界放出素子は、支持体210上に形成されたカソード電極211と、支持体210及びカソード電極211上に形成された絶縁層212と、絶縁層212上に形成されたゲート電極213と、ゲート電極213及び絶縁層212に設けられた開口部214と、開口部214の底部に位置するカソード電極211上に形成された円錐形の電子放出部215から構成されている。一般に、カソード電極211とゲート電極213とは、これらの両電極の射影像が互いに直交する方向に各々ストライプ状に形成されており、これらの両電極の射影像が重複する部分に相当する領域（1画素分の領域に相当する。この領域を、以下、重複領域と呼ぶ）に、通常、複数の電界放出素子が配列されている。更に、かかる重複領域が、カソードパネルCPの有効領域（実際の表示画面として機能する領域）内に、通常、2次元マトリクス状に配列されている。

【0005】一方、アノードパネルAPは、基板20と、基板20上に所定のパターンに従って形成された蛍光体層21と、蛍光体層21上に形成されたアノード電極23から構成されている。尚、蛍光体層21と蛍光体層21との間の基板20上にはブラックマトリクス22が形成されている。1画素は、カソードパネルCP側のカソード電極211とゲート電極213との重複領域に所定数配列された電界放出素子の一群と、これらの電界放出素子の一群に対面したアノードパネルAP側の蛍光体層21とによって構成されている。有効領域には、かかる画素が、例えば数十万～数百万個ものオーダーにて配列されている。

【0006】アノードパネルAPとカソードパネルCPとを、電界放出素子と蛍光体層21とが対向するように配置し、周縁部において枠体24を介して接合することによって、表示装置を作製することができる。有効領域

を包囲し、画素を選択するための周辺回路が形成された無効領域（例えば、カソードパネルCPの無効領域）には、真空排気用の貫通孔（図示せず）が設けられており、この貫通孔には真空排気後に封じ切られたチップ管（図示せず）が接続されている。即ち、アノードパネルAPとカソードパネルCPと枠体24とによって囲まれた空間は真空となっている。

【0007】カソード電極211には相対的な負電圧がカソード電極制御回路30から印加され、ゲート電極213には相対的な正電圧がゲート電極制御回路31から印加され、アノード電極23にはゲート電極213よりも更に高い正電圧がアノード電極制御回路32から印加される。かかる表示装置において表示を行う場合、例えば、カソード電極211にカソード電極制御回路30から走査信号を入力し、ゲート電極213にゲート電極制御回路31からビデオ信号を入力する。カソード電極211とゲート電極213との間に電圧を印加した際に生ずる電界により、量子トンネル効果に基づき電子放出部215から電子が放出され、この電子がアノード電極23に引き付けられ、蛍光体層21に衝突する。その結果、蛍光体層21が励起されて発光し、所望の画像を得ることができる。つまり、この表示装置の動作は、基本的に、ゲート電極213に印加される電圧、及びカソード電極211を通じて電子放出部215に印加される電圧によって制御される。

【0008】以下、従来のスピント型電界放出素子の製造方法の概要を説明するが、この製造方法は、基本的には、円錐形の電子放出部215を金属材料の垂直蒸着により形成する方法である。即ち、開口部214に対して蒸着粒子は垂直に入射するが、開口部214の付近に形成されるオーバーハング状の堆積物による遮蔽効果を利用して、開口部214の底部に到達する蒸着粒子の量を漸減させ、円錐形の堆積物である電子放出部215を自己整合的に形成する。以下、不要なオーバーハング状の堆積物の除去を容易とするために、ゲート電極213上に剥離層217を予め形成しておく方法に基づくスピント型電界放出素子の製造方法の概要を、支持体等の模式的な一部端面図である図22及び図23を参照して説明する。

【0009】【工程10】 先ず、例えばガラスから成る支持体210上にニオブ（Nb）から成るストライプ状のカソード電極211を形成した後、全面にSiO₂から成る絶縁層212を形成し、更に、ストライプ状のゲート電極213を絶縁層212上に形成する。ゲート電極213の形成は、例えば、スパッタ法、リソグラフィ技術及びドライエッチング技術に基づき行うことができる。

【0010】【工程20】 次に、ゲート電極213及び絶縁層212に、エッチング用マスクとして機能するレジスト層216をリソグラフィ技術によって形成する

(図22の(A)参照)。その後、RIE(反応性イオン・エッチング)法にてゲート電極213に第1の開口部214Aを形成し、更に、この第1の開口部214Aと連通した第2の開口部214Bを絶縁層212に形成する。尚、第1の開口部214A及び第2の開口部214Bを総称して、開口部214と呼ぶ。開口部214の底部にカソード電極211が露出している。その後、レジスト層216をアッシング技術によって除去する。こうして、図22の(B)に示す構造を得ることができる。

【0011】[工程-30] 次に、開口部214の底部に露出したカソード電極211上に、電子放出部215を形成する。具体的には、アルミニウムを斜め蒸着することにより、剥離層217を形成する。このとき、支持体210の法線に対する蒸着粒子の入射角を十分に大きく選択することにより、開口部214の底部にアルミニウムを殆ど堆積させることなく、ゲート電極213及び絶縁層212上に剥離層217を形成することができる。この剥離層217は、開口部214の開口端部から底状に張り出しており、これにより開口部214が実質的に縮径される(図22の(C)参照)。

【0012】[工程-40] 次に、全面に例えばモリブデン(Mo)を垂直蒸着する。このとき、図23の

(A)に示すように、剥離層217上でオーバーハング形状を有するモリブデンから成る導電材料層218が成長するに伴い、開口部214の実質的な直径が次第に縮小されるので、開口部214の底部において堆積に寄与する蒸着粒子は、次第に開口部214の中央付近を通過するものに限られるようになる。その結果、開口部214の底部には円錐形の堆積物が形成され、この円錐形のモリブデンから成る堆積物が電子放出部215となる。

【0013】[工程-50] その後、電気化学的プロセス及び湿式プロセスによって剥離層217を絶縁層212及びゲート電極213の表面から剥離し、絶縁層212及びゲート電極213の上方の導電材料層218を選択的に除去する。その結果、図23の(B)に示すように、開口部214の底部に位置するカソード電極211上に円錐形の電子放出部215を残すことができる。

尚、このような電子放出部215の形成方法においては、本質的に、1つの開口部214内に1つの電子放出部215が形成される。

【0014】かかる表示装置の構成において、低い駆動電圧で大きな放出電子電流を得るためには、電子放出部の先端部を鋭く尖らせることが有効であり、この観点から、上述のスピント型電界放出素子の電子放出部215は優れた性能を有していると云える。しかしながら、円錐形の電子放出部215の形成には高度な加工技術を要する。しかも、場合によっては数千万個以上にも及ぶ電子放出部215を有効領域の全域に亘って均一に形成することは、有効領域の面積が増大するにつれて困難とな

りつつある。即ち、大面積の支持体全体に亘って均一な膜質、膜厚を有する導電材料層218を垂直蒸着法により形成したり、均一な寸法の底形状を有する剥離層217を斜め蒸着法により形成することは、極めて困難であり、何らかの面内バラツキやロット間バラツキは避けられない。このバラツキにより、表示装置の画像表示特性、例えば画像の明るさにバラツキが生じる。しかも、大面積に亘って形成された剥離層217を除去する際に、その残渣がカソードパネルCPを汚染する原因となり、表示装置の製造歩留まりを低下させるという問題も生じる。

【0015】そこで、円錐形の電子放出部を使用せず、開口部の底面に露出した平面状の電子放出部を使用する、所謂平面型電界放出素子が提案されている。平面型電界放出素子における電子放出部は、カソード電極上に設けられており、平面状であっても高い放出電子電流を達成し得るように、カソード電極の構成材料よりも仕事関数が低い材料から構成されている。かかる材料として、近年、炭素系材料を使用することが提案されている。炭素系材料は、高融点金属に比べて閾値電界が低く、しかも、電子放出効率が高い。また、ダイヤモンド、グラファイト、カーボンナノチューブ等、結合形態を変化させることが可能である。

【0016】例えば、第59回応用物理学会学術講演会講演予稿集p. 480、演題番号15p-P-13(1998年)には、DLC(ダイヤモンドライクカーボン)薄膜が提案されている。また、炭素系材料を薄膜状に形成した場合、この薄膜の加工(パターニング)方法が必要となる。かかるパターニング方法として、例えば同講演予稿集p. 489、演題番号16p-N-11(1998年)には、酸素ガスをエッチングガスとして用いたダイヤモンド薄膜のECRプラズマ加工が提案されている。ダイヤモンド薄膜のプラズマ加工におけるエッチング用マスクとしては、一般にSiO₂系材料が用いられている。

【0017】更には、第60回応用物理学会学術講演会講演予稿集p. 631、演題番号2p-H-6(1999年)【文献-1と呼ぶ】には、石英基板上に電子ビーム蒸着法によって形成したチタン薄膜表面をダイヤモンドパウダーによりスクラッチ加工を施した後、チタン薄膜をパターニングして中央部に数μmのギャップを設け、次いで、ノンドーパダイヤモンド薄膜をチタン薄膜上に成膜する平面構造型電子エミッターが開示されている。あるいは又、第60回応用物理学会学術講演会講演予稿集p. 632、演題番号2p-H-11(1999年)【文献-2と呼ぶ】には、金属クロスラインを付けた石英ガラス上にカーボンナノチューブを形成する技術が開示されている。

【0018】また、特開2000-57934号公報には、電界印加プラズマCVD法により、基板表面上にカ

10

20

30

40

50

ーボンナノチューブ又はアモルファスカーボンを直接堆積させる炭素系超微細冷陰極及びその製造方法が開示されている。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】レジスト層をエッチング用マスクとして使用し、酸素ガスを用いてDLCのような炭素薄膜のプラズマエッチングを行った場合、エッチング反応系における反応副生成物として(CH_x)系あるいは(CF_x)系等の炭素系ポリマーが堆積性物質として生成する。一般に、プラズマエッチングにおいて堆積性物質がエッチング反応系に生成した場合、この堆積性物質はイオン入射確率の低いレジスト層の側壁面、あるいは被エッチング物の加工端面に堆積して所謂側壁保護膜を形成し、被エッチング物の異方性加工によって得られる形状の達成に寄与する。しかしながら、酸素ガスをエッチング用ガスとして使用した場合には、炭素系ポリマーから成る側壁保護膜は、生成しても、直ちに酸素ガスによって除去されてしまう。また、酸素ガスをエッチング用ガスとして使用した場合には、レジスト層の消耗も激しい。これらの理由により、従来のダイヤモンド薄膜の酸素プラズマ加工においては、ダイヤモンド薄膜のマスクの寸法に対する寸法変換差が大きく、異方性加工も困難である。

【0020】また、文献-1や文献-2に開示された技術においては、金属薄膜上に炭素薄膜を形成するが、金属薄膜のどの部位にも炭素薄膜が形成されてしまい、これらの技術を例えば冷陰極電界電子放出素子の製造に適用することは実用的であるとは云い難い。また、炭素薄膜を所望の形状にするための炭素薄膜のパターニングは、上述のとおり困難である。

【0021】また、特開2000-57934号公報に開示された技術においてはカーボンナノチューブが形成されるが、より一層低い電界での電子放出といった観点から、その先端部は先鋭であることが望まれる。

【0022】更には、ダイヤモンド、グラファイト、カーボンナノチューブを用いた電界放出素子は、閾値電界が低く、電子放出効率が非常に高いものの、これらを合成する温度が500°Cを超える非常に高い温度であることから、安価なガラス基板を使用できないという問題がある。

【0023】従って、本発明の目的は、より一層低い電界での電子放出が可能であり、電子放出部の形成温度を低温とすることができ、しかも、導電体層やカソード電極の所望の部位に確実に炭素から成る電子放出部が形成された電子放出装置、及び、冷陰極電界電子放出素子とその製造方法、並びに、かかる冷陰極電界電子放出素子を組み込んだ冷陰極電界電子放出表示装置及びその製造方法を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するた

めの本発明の電子放出装置は、導電体層上に炭素から成る錐状の電子放出部を備えていることを特徴とする。

【0025】本発明の電子放出装置においては、電子放出部を選択的に形成するために、導電体層と電子放出部との間に電子放出部形成層が形成されていることが好ましい。

【0026】上記の目的を達成するための本発明の冷陰極電界電子放出素子は、(A)支持体上に形成されたカソード電極、及び、(B)カソード電極上に形成された、炭素から成る錐状の電子放出部、を備えていることを特徴とする。

【0027】上記の目的を達成するための本発明の冷陰極電界電子放出表示装置は、複数の画素から構成され、各画素は、支持体上に形成された冷陰極電界電子放出素子と、冷陰極電界電子放出素子に対向して基板上に設けられたアノード電極及び蛍光体層から構成され、冷陰極電界電子放出素子は、(A)支持体上に形成されたカソード電極、及び、(B)カソード電極上に形成された、炭素から成る錐状の電子放出部、を備えていることを特徴とする。

【0028】尚、本発明の冷陰極電界電子放出表示装置において、アノード電極と電子放出部との間の距離が十分に短い場合、アノード電極によって形成された電界に基づき、量子トンネル効果に基づき電子放出部から電子が放出され、この電子がアノード電極に引き付けられ、蛍光体層に衝突する。また、以下に説明するゲート電極を有する冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、ゲート電極によって形成された電界に基づき、量子トンネル効果に基づき電子放出部から電子が放出され、この電子がアノード電極に引き付けられ、蛍光体層に衝突する。

【0029】本発明の冷陰極電界電子放出素子あるいは冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、冷陰極電界電子放出素子は、開口部を有するゲート電極を更に備え、開口部の底部に位置するカソード電極の部分に電子放出部が形成されている構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第1の構成と呼ぶ。

【0030】あるいは又、本発明の冷陰極電界電子放出素子あるいは冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、冷陰極電界電子放出素子において、支持体及びカソード電極上には絶縁層が形成されており、絶縁層上にゲート電極が設けられており、ゲート電極に設けられた開口部に連通した第2の開口部が絶縁層に形成されており、第2の開口部の底部に電子放出部が露出している構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第2の構成と呼ぶ。

【0031】本発明の冷陰極電界電子放出素子あるいは冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、冷陰極電界電子放出素子において、カソード電極と電子放出部との間に電子放出部形成層が形成されていることが好ましい。そして、この場合、開口部を有するゲート電極を更に備

え、少なくとも、開口部の底部に位置するカソード電極の部分の表面に電子放出部形成層が形成されており、電子放出部形成層上に電子放出部が形成されている構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第3の構成と呼ぶ。あるいは又、支持体及びカソード電極上には絶縁層が形成されており、絶縁層上にゲート電極が設けられており、ゲート電極に設けられた開口部に連通した第2の開口部が絶縁層に形成されており、第2の開口部の底部に電子放出部が露出している構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第4の構成と呼ぶ。

【0032】上記の目的を達成するための本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出素子の製造方法は、

(a) 支持体上にカソード電極を形成する工程と、

(b) カソード電極の表面に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程、から成ることを特徴とする。

【0033】上記の目的を達成するための本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法は、本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出素子の製造方法を冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法に適用した製造方法である。即ち、アノード電極及び蛍光体層が形成された基板と、冷陰極電界電子放出素子が形成された支持体とを、蛍光体層あるいはアノード電極と冷陰極電界電子放出素子とが対向するように配置し、基板と支持体とを周縁部において接合する冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法であって、冷陰極電界電子放出素子を、(a) 支持体上にカソード電極を形成する工程と、(b) カソード電極上に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程、に基づき形成することを特徴とする。

【0034】本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出素子の製造方法あるいは冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法（以下、これらの製造方法を総称して、第1の態様に係る製造方法と呼ぶ場合がある）においては、前記工程（b）に引き続き、電子放出部の上方に、開口部を有するゲート電極を設ける態様とすることができる。尚、このような態様を、便宜上、本発明の第1Aの態様に係る製造方法と呼ぶ。

【0035】あるいは又、第1の態様に係る製造方法においては、前記工程（a）と工程（b）との間に、支持体及びカソード電極上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通する第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を備え、前記工程（b）において、第2の開口部の底部に位置するカソード電極上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成する態様とすることができる。尚、このような態様を、便宜上、本発明の第1Bの態様に係る製造方法と呼ぶ。

【0036】あるいは又、第1の態様に係る製造方法に

においては、前記工程（b）に引き続き、支持体及び電子放出部上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通し、底部に電子放出部が露出した第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を更に備える態様とすることができる。尚、このような態様を、便宜上、本発明の第1Cの態様に係る製造方法と呼ぶ。

【0037】本発明の第1の態様に係る製造方法において、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程は、支持体にバイアス電圧を印加した状態で、プラズマ密度が 10^{16} m^{-3} (10^7 mm^{-3}) 以上、好ましくは 10^{17} m^{-3} (10^8 mm^{-3}) 以上、一層好ましくは 10^{19} m^{-3} (10^{10} mm^{-3}) 以上の条件のプラズマCVD法（化学的気相成長法）に基づくことが、電子放出部形成に用いる原料ガスの解離度を高くし、錐状の電子放出部を確実に形成するといった観点から好ましい。あるいは又、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程は、支持体にバイアス電圧を印加した状態で、電子温度が1乃至15 eV、好ましくは5 eV乃至15 eV、イオン電流密度が、 0.1 mA/cm^2 乃至 30 mA/cm^2 、好ましくは 5 mA/cm^2 乃至 30 mA/cm^2 の条件のプラズマCVD法に基づくことが、電子放出部形成に用いる原料ガスの解離度を高くし、錐状の電子放出部を確実に形成するといった観点から好ましい。そして、これらの場合、プラズマCVD法は、誘導結合型プラズマCVD法、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法、ヘリコン波プラズマCVD法、又は、容量結合型プラズマCVD法であることが、上述の条件を満足するといった観点から好ましい。尚、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程における支持体加熱温度を、 600°C 以下、好ましくは 500°C 以下、更に好ましくは 400°C 以下、一層好ましくは 300°C 以下とすることができる。支持体加熱温度の下限は、炭素から成る錐状の電子放出部を形成し得る温度とすればよい。

【0038】上記の目的を達成するための本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出素子の製造方法は、

(a) 支持体上にカソード電極を形成する工程と、

(b) カソード電極上に電子放出部形成層を形成する工程と、(c) 電子放出部形成層上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程、から成ることを特徴とする。

【0039】上記の目的を達成するための本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法は、本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出素子の製造方法を冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法に適用した製造方法である。即ち、アノード電極及び蛍光体層が形成された基板と、冷陰極電界電子放出素子が形成された支持体とを、蛍光体層あるいはアノード電極と冷陰極電界電子放出素子とが対向するように配置し、基板と支持体とを周縁部において接合する冷陰極電界電子

放出表示装置の製造方法であって、冷陰極電界電子放出素子を、(a)支持体上にカソード電極を形成する工程と、(b)カソード電極上に電子放出部形成層を形成する工程と、(c)電子放出部形成層上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程、に基づき形成することを特徴とする。

【0040】本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出素子の製造方法あるいは冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法(以下、これらの製造方法を総称して、第2の態様に係る製造方法と呼ぶ場合がある)においては、前記工程(b)と工程(c)との間に、電子放出部形成層の上方に開口部を有するゲート電極を設ける工程、を更に備え、前記工程(c)において、開口部の下方の電子放出部形成層上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成する態様とすることができる。尚、このような態様を、便宜上、本発明の第2Aの態様に係る製造方法と呼ぶ。

【0041】あるいは又、本発明の第2の態様に係る製造方法においては、前記工程(b)と工程(c)との間に、支持体及び電子放出部形成層上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通する第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を備え、前記工程(c)において、第2の開口部の底部に位置する電子放出部形成層上に炭素から成る錐状の電子放出部を形成する態様とすることができる。尚、このような態様を、便宜上、本発明の第2Bの態様に係る製造方法と呼ぶ。

【0042】あるいは又、本発明の第2の態様に係る製造方法においては、前記工程(a)と工程(b)との間に、支持体及びカソード電極上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通する第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を備え、前記工程(b)において、第2の開口部の底部に位置するカソード電極上に電子放出部形成層を形成する態様とすることができる。尚、このような態様を、便宜上、本発明の第2Cの態様に係る製造方法と呼ぶ。

【0043】あるいは又、本発明の第2の態様に係る製造方法においては、前記工程(c)に引き続き、電子放出部の上方に、開口部を有するゲート電極を設ける工程を更に備える態様とすることができる。尚、このような態様を、便宜上、本発明の第2Dの態様に係る製造方法と呼ぶ。

【0044】あるいは又、本発明の第2の態様に係る製造方法においては、前記工程(c)に引き続き、支持体及び電子放出部上に絶縁層を形成する工程と、絶縁層上に開口部を有するゲート電極を設ける工程と、ゲート電極に設けられた開口部に連通し、底部に電子放出部が露出した第2の開口部を絶縁層に形成する工程、を更に備える態様とすることができる。尚、このような態様を、

便宜上、本発明の第2Eの態様に係る製造方法と呼ぶ。

【0045】本発明の第2の態様に係る製造方法において、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程は、支持体にバイアス電圧を印加した状態で、プラズマ密度が $1.0 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ ($1.0 \times 10^7 \text{ mm}^{-3}$)以上、好ましくは $1.0 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ ($1.0 \times 10^8 \text{ mm}^{-3}$)以上、一層好ましくは $1.0 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ ($1.0 \times 10^{10} \text{ mm}^{-3}$)以上の条件のプラズマCVD法に基づくことが、電子放出部形成に用いる原料ガスの解離度を高くし、錐状の電子放出部を確実に形成するといった観点から好ましい。あるいは又、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程は、支持体にバイアス電圧を印加した状態で、電子温度が1乃至15 eV、好ましくは5 eV乃至15 eV、イオン電流密度が、 0.1 mA/cm^2 乃至 3.0 mA/cm^2 、好ましくは 5 mA/cm^2 乃至 3.0 mA/cm^2 の条件のプラズマCVD法に基づくことが、電子放出部形成に用いる原料ガスの解離度を高くし、錐状の電子放出部を確実に形成するといった観点から好ましい。そして、これらの場合、プラズマCVD法は、誘導結合型プラズマCVD法、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法、ヘリコン波プラズマCVD法、又は、容量結合型プラズマCVD法であることが、上述の条件を満足するといった観点から好ましい。尚、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する工程における支持体加熱温度を、 600°C 以下、好ましくは 500°C 以下、更に好ましくは 400°C 以下、一層好ましくは 300°C 以下とすることができる。支持体加熱温度の下限は、炭素から成る錐状の電子放出部を形成し得る温度とすればよい。

【0046】電子放出部形成時のプラズマCVD法にて使用されるガス原料として、メタン(CH_4)、エタン(C_2H_6)、プロパン(C_3H_8)、ブタン(C_4H_{10})、エチレン(C_2H_4)、アセチレン(C_2H_2)等の炭素系ガスやこれらの混合ガス、炭素系ガスと水素ガスとの混合ガスを挙げることができる。更には、メタノール、エタノール、アセトン、ベンゼン、トルエン、キシレン等を気化したガス、またはこれらガスと水素ガスの混合ガスを用いることもできる。また、放電を安定にさせるため及びプラズマ解離を促進するために、ヘリウム(He)、アルゴン(Ar)等の希ガスを導入してもよい。炭素系ガスと水素ガスとの混合ガスを用いる場合、炭化水素系ガスと水素ガスの全流量に対する炭化水素系ガスの流量を50%未満とすることが好ましい。

【0047】本発明の電子放出装置、第1の構成〜第4の構成を含む本発明の冷陰極電界電子放出素子あるいは冷陰極電界電子放出表示装置、各種の態様を含む本発明の第2の態様に係る製造方法において、電子放出部形成層は金属薄膜から成ることが好ましい。尚、電子放出部形成層は、物理的気相成長法や、メッキ法(電解メッキ法及び無電解メッキ法を含む)に基づき形成することができる。物理的気相成長法として、

10

20

30

40

50

① 電子ビーム加熱法、抵抗加熱法、フラッシュ蒸着等の各種真空蒸着法、

② プラズマ蒸着法、

③ 2極スパッタ法、直流スパッタ法、直流マグネトロンスパッタ法、高周波スパッタ法、マグネトロンスパッタ法、イオンビームスパッタ法、バイアスパッタ法等の各種スパッタ法、

④ DC (direct current) 法、RF 法、多陰極法、活性化反応法、電界蒸着法、高周波イオンプレーティング法、反応性イオンプレーティング法等の各種イオンプレーティング法、を挙げることができる。

【0048】ここで、金属薄膜は、ニッケル (Ni)、モリブデン (Mo)、チタン (Ti)、クロム (Cr)、コバルト (Co)、タングステン (W)、ジルコニウム (Zr)、タンタル (Ta)、鉄 (Fe)、銅 (Cu)、白金 (Pt)、亜鉛 (Zn)、カドミウム (Cd)、ゲルマニウム (Ge)、錫 (Sn)、鉛 (Pb)、ビスマス (Bi)、銀 (Ag)、金 (Au)、インジウム (In) 及びタリウム (Tl) から成る群から選択された少なくとも1種類の金属、あるいは、これらの元素を含む合金、有機金属から構成されていることが好ましい。更には、上記に挙げた金属以外でも、電子放出部を形成 (合成) するときの雰囲気中で触媒作用を有する金属を用いることができる。

【0049】また、本発明の電子放出装置、第1の構成～第4の構成を含む本発明の冷陰極電界電子放出素子あるいは冷陰極電界電子放出表示装置、本発明の第1の態様に係る製造方法、若しくは各種の態様を含む本発明の第2の態様に係る製造方法においては、錐状の電子放出部の底面積をS、高さをHとしたとき、 $H/(S/\pi)^{1/2}$ の値 (所謂、アスペクト比) は3乃至7であることが好ましい。

【0050】錐状の電子放出部の形状は、電子放出部の形成条件等に依存するが、通常、円錐である。また、開口部あるいは第2の開口部の底部に位置するカソード電極の部分の表面あるいは電子放出部形成層上には、通常、多数の電子放出部が形成される。

【0051】本発明の冷陰極電界電子放出素子あるいは冷陰極電界電子放出表示装置において、電子放出部形成層は、開口部あるいは第2の開口部 (以下、これらを総称して、開口部等と呼ぶ) の底部に位置するカソード電極の表面に形成されていればよく、開口部等の底部に位置するカソード電極の部分から開口部等の底部以外の絶縁層で被覆されたカソード電極の部分に延在するように形成されていてもよい。また、電子放出部形成層は、開口部等の底部に位置するカソード電極の部分の表面の全面に形成されていても、部分的に形成されていてもよい。

【0052】本発明の第2の構成あるいは第4の構成においては、ゲート電極に設けられた開口部 (この開口部

を、便宜上、第1の開口部と呼ぶ場合がある) と第2の開口部とは、一対一の対応関係としてもよいし (即ち、1つの第1の開口部に対応して1つの第2の開口部を設けてもよい)、多対一の対応関係としてもよい (即ち、多数の第1の開口部に対応して1つの第2の開口部を設けてもよい)。絶縁層は、冷陰極電界電子放出素子の構成にも依るが、カソード電極とゲート電極との間に設けられた帯状の一種の隔壁としての機能を果たす構成もあり得る。

【0053】本発明の第2Cの態様に係る製造方法においては、電子放出部形成層の形成方法にも依存するが、工程 (b) は、第2の開口部の底部の中央部にカソード電極の表面が露出したマスク層を形成した後 (即ち、少なくとも第2の開口部の側壁にマスク層を形成した後)、露出したカソード電極の表面を含むマスク層上に、電子放出部形成層を形成する工程から成る構成とすることができる。

【0054】かかるマスク層の形成は、例えば、レジスト材料層若しくはハードマスク材料層を全面に塗布した後、リソグラフィ技術に基づき、第2の開口部の底部の中央部に位置するレジスト材料層若しくはハードマスク材料層に孔部を形成する方法により行うことができる。第2の開口部の底部に位置するカソード電極の一部分、第2の開口部の側壁、第1の開口部の側壁及びゲート電極がマスク層で被覆された状態で、第2の開口部の底部の中央部に位置するカソード電極の表面に電子放出部形成層を形成するので、カソード電極とゲート電極とが、電子放出部形成層や電子放出部によって短絡することを確実に防止し得る。場合によっては、ゲート電極の上のみをマスク層で被覆してもよい。あるいは又、ゲート電極に設けられた第1の開口部の近傍のゲート電極の上のみをマスク層で被覆してもよいし、第1の開口部の近傍のゲート電極上及び第1の開口部と第2の開口部の側壁をマスク層で被覆してもよい。これらの場合、ゲート電極を構成する導電材料によっては、ゲート電極上に電子放出部が形成され得るが、かかる電子放出部が高強度の電界中に置かれなければ、かかる電子放出部から電子が放出されることはない。尚、電子放出部形成層上に電子放出部を形成する前にマスク層を除去することが好ましい。

【0055】本発明の第2Bの態様、第2Cの態様、あるいは第2Eの態様に係る製造方法において、絶縁層上に第1の開口部を有するゲート電極を形成する方法として、絶縁層上にゲート電極を構成するための導電材料層を形成した後、導電材料層上にパターニングされた第1のマスク材料層を形成し、かかる第1のマスク材料層をエッチング用マスクとして用いて導電材料層をエッチングすることによって導電材料層をパターニングした後、第1のマスク材料層を除去し、次いで、導電材料層及び絶縁層上にパターニングされた第2のマスク材料層を形

成し、かかる第2のマスク材料層をエッチング用マスクとして用いて導電材料層をエッチングして第1の開口部を形成する方法、あるいは又、例えば、スクリーン印刷法によって第1の開口部を有するゲート電極を直接形成する方法を例示することができる。これらの場合、ゲート電極に設けられた第1の開口部に連通する第2の開口部を絶縁層に形成する方法は、かかる第2のマスク材料層をエッチング用マスクとして用いて絶縁層をエッチングする方法としてもよいし、ゲート電極に設けられた第1の開口部をエッチング用マスクとして用いて絶縁層をエッチングする方法としてもよい。尚、第1の開口部と第2の開口部とは、一対一の対応関係としてもよいし（即ち、1つの第1の開口部に対応して1つの第2の開口部を形成してもよいし）、多対一の対応関係としてもよい（即ち、多数の第1の開口部に対応して1つの第2の開口部を形成してもよい）。更には、開口部を有するゲート電極を設ける工程は、ゲート電極を複数の開口部が形成された帯状の帯状材料層から構成し、絶縁層上に帯状材料層を張架してもよい。第2の開口部の形成は、等方的なエッチング（より具体的には、第2の開口部の側壁面を構成する絶縁層の部分の等方的なエッチング）、ケミカルドライエッチングのようにラジカルを主エッチング種として利用するドライエッチング、あるいは、エッチング液を利用するウェットエッチングにより行うことができる。

【0056】本発明の第2Aの態様あるいは第2Dの態様に係る製造方法にあっては、ゲート電極を設ける工程は、支持体上に絶縁材料から成る帯状の隔壁を形成し、ゲート電極を複数の開口部が形成された帯状材料層から構成し、かかる隔壁の頂面に接するように帯状材料層を張架する工程から構成してもよい。

【0057】カソード電極上や電子放出部形成層上における電子放出部の選択成長を一層確実なものとするために、カソード電極や電子放出部形成層表面の酸化物（所謂、自然酸化膜）を除去することが望ましい。酸化物の除去を、例えば、水素ガス雰囲気におけるマイクロ波プラズマ法、トランス結合型プラズマ法、誘導結合型プラズマ法、電子サイクロトロン共鳴プラズマ法、RFプラズマ法等に基づくプラズマ還元処理、アルゴンガス雰囲気におけるスパッタ処理、若しくは、例えばフッ酸等の酸や塩基を用いた洗浄処理によって行うことが望ましい。尚、本発明の電子放出装置を作製する場合にも、電子放出部形成層を形成すべき導電体層の部分の表面に、以上に説明した各種工程を適用することができる。

【0058】本発明の冷陰極電界電子放出素子、冷陰極電界電子放出表示装置、本発明の第1の態様及び第2の態様に係る方法（以下、これらを総称して、本発明の冷陰極電界電子放出素子等若しくはその製造方法と呼ぶ場合がある）において、ゲート電極を設けない場合、通常、カソード電極の外形状を矩形あるいはストライプ

状とすることが好ましい。一方、ゲート電極を設ける場合、ゲート電極の外形状をストライプ状とし、カソード電極の外形状をストライプ状とすることが好ましい。ストライプ状のカソード電極とストライプ状のゲート電極の延びる方向は異なっている。ストライプ状のカソード電極の射影像とストライプ状のゲート電極の射影像は、互いに直交することが好ましい。尚、これらの両電極の射影像が重複する部分に相当する領域（1画素分の領域に相当し、カソード電極とゲート電極との重複領域である）に、1又は複数の電子放出部形成層が位置する。更に、かかる重複領域が、カソードパネルの有効領域（実際の表示画面として機能する領域）内に、通常、2次元マトリクス状に配列されている。1画素内における冷陰極電界電子放出素子の配列は規則的であってもランダムであってもよい。冷陰極電界電子放出素子におけるカソード電極上若しくは電子放出部形成層での電子放出部の位置は、通常、ランダムである。

【0059】本発明の冷陰極電界電子放出素子等若しくはその製造方法において、第1の開口部や第2の開口部の平面形状（カソード電極と平行な仮想平面でこれらの開口部を切断したときの形状）は、円形、楕円形、矩形、多角形、丸みを帯びた矩形、丸みを帯びた多角形等、任意の形状とすることができる。

【0060】本発明の冷陰極電界電子放出素子等若しくはその製造方法におけるカソード電極の構造としては、導電材料層の1層構成とすることもできるし、下層導電材料層、下層導電材料層上に形成された抵抗体層、抵抗体層上に形成された上層導電材料層の3層構成とすることもできる。後者の場合、上層導電材料層の表面に電子放出部を形成し、あるいは、電子放出部形成層を形成する。電子放出部形成層を設ける場合、カソード電極を、導電材料層と導電材料層上に形成された抵抗体層の2層構成とすることもできる。このように、抵抗体層を設けることによって、電子放出部の電子放出特性の均一化を図ることができる。

【0061】本発明の冷陰極電界電子放出素子等若しくはその製造方法において、ゲート電極及び絶縁層上には更に第2絶縁層が設けられ、第2絶縁層上に収束電極が設けられていてもよい。収束電極とは、開口部から放出されアノード電極へ向かう放出電子の軌道を収束させ、以て、輝度の向上や隣接画素間の光学的クロストークの防止を可能とするための電極である。アノード電極とカソード電極との間の電位差が数千ボルトのオーダーであって、アノード電極とカソード電極との間の距離が比較的長い、所謂高電圧タイプの表示装置において、収束電極は特に有効である。収束電極には、収束電源から相対的な負電圧が印加される。収束電極は、必ずしも各冷陰極電界電子放出素子毎に設けられている必要はなく、例えば、冷陰極電界電子放出素子の所定の配列方向に沿って延在させることにより、複数の冷陰極電界電子放出

10

20

30

40

50

素子に共通の収束効果を及ぼすこともできる。

【0062】本発明の第1の態様及び第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置の製造方法において、基板と支持体とを周縁部において接合する場合、接合は接着層を用いて行ってもよいし、あるいはガラスやセラミック等の絶縁剛性材料から成る枠体と接着層とを併用して行ってもよい。枠体と接着層とを併用する場合には、枠体の高さを適宜選択することにより、接着層のみを使用する場合に比べ、基板と支持体との間の対向距離をより長く設定することが可能である。尚、接着層の構成材料としては、フリットガラスが一般的であるが、融点が120～400℃程度の所謂低熔点金属材料を用いてもよい。かかる低熔点金属材料としては、In（インジウム：融点157℃）；インジウム－金系の低熔点合金；Sn80Ag20（融点220～370℃）、Sn95Cu5（融点227～370℃）等の錫（Sn）系高温はんだ；Pb97.5Ag2.5（融点304℃）、Pb94.5Ag5.5（融点304～365℃）、Pb97.5Ag1.5Sn1.0（融点309℃）等の鉛（Pb）系高温はんだ；Zn95Al5（融点380℃）等の亜鉛（Zn）系高温はんだ；Sn5Pb95（融点300～314℃）、Sn2Pb98（融点316～322℃）等の錫－鉛系標準はんだ；Au88Ga12（融点381℃）等のろう材（以上の添字は全て原子%を表す）を例示することができる。

【0063】基板と支持体と枠体の三者を接合する場合、三者同時接合を行ってもよいし、あるいは、第1段階で基板又は支持体のいずれか一方と枠体とを先に接合し、第2段階で基板又は支持体の他方と枠体とを接合してもよい。三者同時接合や第2段階における接合を高真空雰囲気中で行えば、基板と支持体と枠体と接着層とにより囲まれた空間は、接合と同時に真空となる。あるいは、三者の接合終了後、基板と支持体と枠体と接着層とによって囲まれた空間を排気し、真空とすることもできる。接合後に排気を行う場合、接合時の雰囲気中の圧力は常圧／減圧のいずれであってもよく、また、雰囲気を構成する気体は、大気であっても、あるいは窒素ガスや周期律表0族に属するガス（例えばArガス）を含む不活性ガスであってもよい。

【0064】接合後に排気を行う場合、排気は、基板及び／又は支持体に予め接続されたチップ管を通じて行うことができる。チップ管は、典型的にはガラス管を用いて構成され、基板及び／又は支持体の無効領域（即ち、表示画面として機能する有効領域以外の領域）に設けられた貫通孔の周囲に、フリットガラス又は上述の低熔点金属材料を用いて接合され、空間が所定の真空度に達した後、熱融着によって封じ切られる。尚、封じ切りを行う前に、表示装置全体を一旦加熱してから降温させると、空間に残留ガスを放出させることができ、この残留ガスを排気により空間外へ除去することができるので好

適である。

【0065】本発明の冷陰極電界電子放出素子等若しくはその製造方法において、支持体は、少なくとも表面が絶縁性部材より構成されていればよく、ガラス基板、表面に絶縁膜が形成されたガラス基板、石英基板、表面に絶縁膜が形成された石英基板、表面に絶縁膜が形成された半導体基板を挙げることができる。基板も、支持体と同様に構成することができる。本発明の電子放出装置においても、導電体層を支持体上に形成する必要があるが、かかる支持体は絶縁材料から構成すればよい。

【0066】導電体層あるいはカソード電極上に電子放出部を形成する場合、導電体層あるいはカソード電極を構成する材料として、ニッケル（Ni）、モリブデン（Mo）、チタン（Ti）、クロム（Cr）、コバルト（Co）、タングステン（W）、ジルコニウム（Zr）、タンタル（Ta）、鉄（Fe）、銅（Cu）、白金（Pt）、亜鉛（Zn）、カドミウム（Cd）、ゲルマニウム（Ge）、錫（Sn）、鉛（Pb）、ビスマス（Bi）、銀（Ag）、金（Au）、インジウム（In）及びタリウム（Tl）から成る群から選択された少なくとも1種類の金属、あるいは、これらの元素を含む合金を挙げることができる。更には、上記に挙げた金属以外でも、電子放出部を形成（合成）するときの雰囲気中で触媒作用を有する金属を用いることができる。

【0067】一方、導電体層あるいはカソード電極上に電子放出部形成層を形成し、電子放出部形成層上に電子放出部を形成する場合、導電体層、カソード電極、ゲート電極若しくは収束電極を構成する材料としては、タングステン（W）、ニオブ（Nb）、タンタル（Ta）、モリブデン（Mo）、クロム（Cr）、アルミニウム（Al）、銅（Cu）等の金属、これらの金属元素を含む合金あるいは化合物（例えばTiN等の窒化物や、WSi₂、MoSi₂、TiSi₂、TaSi₂等のシリサイド）、あるいはシリコン（Si）等の半導体、ITO（インジウム錫酸化物）を例示することができる。尚、これらの電極を構成する材料を、互いに同種材料としてもよいし、異種の材料としてもよい。これらの電極の形成方法として、蒸着法、スパッタ法、CVD法、イオンプレーティング法、スクリーン印刷法、メッキ法等、通常の薄膜作製プロセスを利用できる。尚、ゲート電極若しくは収束電極を構成する材料と、電子放出部形成層を構成する材料とは、ゲート電極若しくは収束電極上に電子放出部を形成させないといった観点から、異なる材料であることが好ましい。あるいは又、ゲート電極若しくは収束電極上に電子放出部を形成させないといった観点から、ゲート電極若しくは収束電極上にポリシリコン層や絶縁膜を形成してもよい。

【0068】絶縁層や第2絶縁層の構成材料としては、SiO₂、SiN、SiON、ガラスペースト硬化物を単独あるいは適宜組み合わせ使用することができる。

10

20

30

40

50

絶縁層の形成には、CVD法、塗布法、スパッタ法、スクリーン印刷法等の公知のプロセスが利用できる。

【0069】アノード電極の構成材料は、冷陰極電界電子放出表示装置の構成によって選択すればよい。即ち、冷陰極電界電子放出表示装置が透過型（アノードパネルが表示面に相当する）であって、且つ、基板上にアノード電極と蛍光体層がこの順に積層されている場合には、アノード電極が形成される基板は元より、アノード電極自身も透明である必要があり、ITO（インジウム錫酸化物）等の透明導電材料を用いる。一方、冷陰極電界電子放出表示装置が反射型（カソードパネルが表示面に相当する）である場合、及び、透過型であっても基板上に蛍光体層とアノード電極とがこの順に積層されている（アノード電極はメタルバック膜を兼ねている）場合には、ITOの他、カソード電極やゲート電極や収束電極に関連して上述した材料を適宜選択して用いることができる。

【0070】蛍光体層を構成する蛍光体として、高速電子励起用蛍光体や低速電子励起用蛍光体を用いることができる。冷陰極電界電子放出表示装置が単色表示装置である場合、蛍光体層は特にパターンニングされていなくともよい。また、冷陰極電界電子放出表示装置がカラー表示装置である場合、ストライプ状又はドット状にパターンニングされた赤（R）、緑（G）、青（B）の三原色に対応する蛍光体層を交互に配置することが好ましい。尚、パターンニングされた蛍光体層間の隙間は、表示画面のコントラスト向上を目的としたブラックマトリクスで埋め込まれていてもよい。

【0071】アノード電極と蛍光体層の構成例として、（1）基板上に、アノード電極を形成し、アノード電極の上に蛍光体層を形成する構成、（2）基板上に、蛍光体層を形成し、蛍光体層上にアノード電極を形成する構成、を挙げることができる。尚、（1）の構成において、蛍光体層の上に、アノード電極と電氣的に接続された所謂メタルバック膜を形成してもよい。また、（2）の構成において、アノード電極の上にメタルバック膜を形成してもよい。

【0072】アノード電極は、有効領域を1枚のシート状の導電材料で被覆した形式のアノード電極としてもよいし、1又は複数の電子放出部、あるいは、1又は複数の画素に対応するアノード電極ユニットが集合した形式のアノード電極としてもよい。

【0073】尚、本発明の冷陰極電界電子放出表示装置において、ゲート電極を設けない場合、1画素単位で、カソード電極に印加する電圧の制御を行う。この場合、アノード電極は、有効領域を1枚のシート状の導電材料で被覆した形式のアノード電極としてもよいし、1又は複数の電子放出部、あるいは、1又は複数の画素に対応するアノード電極ユニットが集合した形式のアノード電極としてもよい。カソード電極に閾値電圧以上の電圧が

印加されると、アノード電極によって形成される電界に基づき、量子トンネル効果に基づき電子放出部から電子が放出され、この電子がアノード電極に引き付けられ、蛍光体層に衝突する。輝度は、カソード電極に印加される電圧によって制御される。あるいは又、カソード電極をストライプ状とし、アノード電極もストライプ状とし、ストライプ状のカソード電極の射影像と、ストライプ状のアノード電極の射影像が直交するように、カソード電極とアノード電極を配置してもよい。アノード電極の射影像とカソード電極の射影像とが重複する領域に位置する電子放出部から電子が放出される。このような構成の表示装置の駆動は、所謂単純マトリクス方式により行われる。即ち、カソード電極に相対的に負の電圧を、アノード電極に相対的に正の電圧を印加する。その結果、列選択されたカソード電極と行選択されたアノード電極（あるいは、行選択されたカソード電極と列選択されたアノード電極）とのアノード電極／カソード電極重複領域に位置する電子放出部から選択的に真空中間へ電子が放出され、この電子がアノード電極に引き付けられてアノードパネルを構成する蛍光体層に衝突し、蛍光体層を励起・発光させる。

【0074】一方、ゲート電極を有する冷陰極電界電子放出表示装置にあつては、所謂単純マトリクス方式により行われる。即ち、カソード電極に相対的な負電圧がカソード電極制御回路から印加され、ゲート電極には相対的な正電圧がゲート電極制御回路から印加され、アノード電極にはゲート電極よりも更に高い正電圧がアノード電極制御回路から印加される。かかる冷陰極電界電子放出表示装置において表示を行う場合、例えば、カソード電極にカソード電極制御回路から走査信号を入力し、ゲート電極にゲート電極制御回路からビデオ信号を入力する。輝度は、ゲート電極に印加される電圧によって制御される。

【0075】本発明においては、炭素から成る錐状の電子放出部が備えられているので、より一層低い電界での電子放出が可能となる。また、本発明においては、導電体層上、カソード電極上あるいは電子放出部形成層上に選択的に電子放出部を形成することができ、しかも、導電体層上、カソード電極上あるいは電子放出部形成層の表面での一種の触媒反応が期待できるので、電子放出部の形成温度を低温とすることができる。しかも、電子放出部を所望の形状にするためのパターンニングといった処理は一切不要である。更には、炭素から成る錐状の電子放出部が備えられているので、電子放出効率の高い冷陰極電界電子放出素子を得ることができ、また、低消費電力、高画質の冷陰極電界電子放出表示装置を得ることができる。

【0076】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、発明の実施の形態（以下、実施の形態と略称する）に基づき本発

10

20

30

40

50

明を説明する。

【0077】（実施の形態1）実施の形態1は、本発明の電子放出装置、第1の構成に係る冷陰極電界電子放出素子（以下、電界放出素子と略称する）、及び、第1の構成に係る冷陰極電界電子放出表示装置（以下、表示装置と略称する）、更には、本発明の第1の態様に係る製造方法に関する。

【0078】実施の形態1の表示装置の模式的な一部断面図を図1に示し、1つの電子放出部の模式的な斜視図を図2に示し、電界放出素子の模式的な一部端面図を図3の（C）に示す。実施の形態1の電子放出装置は、導電体層（具体的には、カソード電極11）上に炭素から成る錐状の電子放出部15を備えている。また、実施の形態1の電界放出素子は、支持体10上に形成されたカソード電極11、及び、カソード電極11上に形成された、炭素から成る錐状の電子放出部15を備えている。尚、電子放出部15は、導電体層（具体的には、カソード電極11）上に選択的に形成されている。

【0079】実施の形態1の表示装置は、上述のような電界放出素子が有効領域に多数形成されたカソードパネルCPと、アノードパネルAPから構成されており、複数の画素から構成され、各画素は、電界放出素子と、電界放出素子に対向して基板（アノードパネルAP）上に設けられたアノード電極23及び蛍光体層21から構成されている。カソードパネルCPとアノードパネルAPとは、それらの周縁部において、枠体24を介して接合されている。電界放出素子の基本的な構成は図3の

（C）に示したとおりである。更には、カソードパネルCPの無効領域には、真空排気用の貫通孔（図示せず）が設けられており、この貫通孔には、真空排気後に封じ切られるチップ管（図示せず）が接続されている。枠体24は、セラミックス又はガラスから成り、高さは、例えば1.0mmである。場合によっては、枠体24の代わりに接着層のみを用いることもできる。

【0080】アノードパネルAPは、基板20と、基板20上に形成され、所定のパターンに従って形成された蛍光体層21と、全面を覆う例えばアルミニウム薄膜から成るアノード電極23から構成されている。蛍光体層21と蛍光体層21との間の基板20上には、ブラックマトリクス22が形成されている。尚、ブラックマトリクス22を省略することもできる。また、単色表示装置を想定した場合、蛍光体層21は必ずしも所定のパターンに従って設けられる必要はない。更には、ITO等の透明導電膜から成るアノード電極を基板20と蛍光体層21との間に設けてもよく、あるいは、基板20と蛍光体層21の間に設けられた透明導電膜から成るアノード電極23と、アノード電極23上に形成された蛍光体層21及びブラックマトリクス22と、蛍光体層21及びブラックマトリクス22の上に形成されたアルミニウムから成り、アノード電極23と電氣的に接続された光

反射導電膜から構成することもできる。

【0081】1画素は、カソードパネルCP側において矩形形状のカソード電極11と、その上に形成された複数の電界放出素子15と、電界放出素子に対面するようにアノードパネルAPの有効領域に配列された蛍光体層21とによって構成される。有効領域には、かかる画素が、例えば数十万～数百万個ものオーダーにて配列されている。

【0082】また、カソードパネルCPとアノードパネルAPとの間には、両パネル間の距離を一定に維持するための補助的手段として、有効領域内に等間隔にスペーサ25が配置されている。尚、スペーサ25の形状は、円柱形に限らず、例えば球状でもよいし、ストライプ状の隔壁（リブ）であってもよい。また、スペーサ25は、必ずしも全てのアノード電極／カソード電極の重複領域の四隅に配置されている必要はなく、より疎に配置されていてもよいし、配置が不規則であってもよい。

【0083】この表示装置においては、1画素単位で、カソード電極11に印加する電圧の制御を行う。カソード電極11の平面形状は、略矩形であり、各カソード電極11は、配線11A、及び、例えばトランジスタから成るスイッチング素子（図示せず）を介してゲート電極制御回路30Aに接続されている。また、アノード電極23はアノード電極制御回路32に接続されている。各カソード電極11に閾値電圧以上の電圧が印加されると、アノード電極23によって形成される電界に基づき、量子トンネル効果に基づき電子放出部15から電子が放出され、この電子がアノード電極23に引き付けられ、蛍光体層21に衝突する。輝度は、カソード電極11に印加される電圧によって制御される。実施の形態1の電子放出装置、電界放出素子あるいは表示装置において、電子放出部の先端がアノード電極23に向かい、且つ、先鋭化されているため、電流効率、即ち、カソード電流値に対するアノード電流値の比も良好である。

【0084】以下、本発明の第1の態様に係る製造方法である実施の形態1の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を、図3を参照して説明するが、実施の形態1においては、電界放出素子は、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・カソード電極11の表面に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程、を経て形成される。尚、実施の形態1においては、導電体層あるいはカソード電極11を構成する材料としてニッケル（Ni）を用いた。

【0085】【工程ー100】 先ず、例えばガラス基板から成る支持体10上にカソード電極形成用の導電体層を形成し、次いで、リソグラフィ技術及び反応性イオンエッチング法（RIE法）に基づき導電体層をパターンニングすることによって、略矩形のカソード電極11及び配線11Aを支持体10上に形成する（図3の（A）参

照)。導電体層は、例えばスパッタ法により形成された厚さ約 $0.2\mu\text{m}$ のニッケル(Ni)層から成る。スパッタ法によるニッケル層の製膜条件を以下の表1に例示し、ニッケル層のエッチング条件を以下の表2に例示する。

【0086】[表1]

[ニッケル層の製膜条件]

ターゲット : Ni

Ar流量 : 100SCCM

圧力 : 0.5Pa

DCパワー : 2kW

スパッタ温度 : 200°C

【0087】[表2]

[ニッケル層のエッチング条件]

エッチング装置 : 平行平板型RIE装置

Cl₂流量 : 100SCCM

圧力 : 0.7Pa

[表3]

原料ガス : メタンガス/水素ガス=30/70sccm

電源パワー : 500W

支持体バイアス電力 : 50W(70ボルト)

反応圧力 : 0.1Pa

支持体加熱温度 : 400°C

プラズマ密度 : $1 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$

電子温度 : 8eV

イオン電流密度 : 10mA/cm²

【0091】尚、プラズマCVD条件(特に、支持体10へのバイアス電圧、プラズマ密度、電子温度、イオン電流密度)及び下地であるカソード電極11の表面状態に依って、低温(例えば100°C)でも円錐形状の電子放出部15を得ることができる。電子放出部を構成する炭素の結晶性を変化させるために、合成条件は随時変化させてもよい。また、電子放出特性を向上させるために、例えば、水素(H₂)やアンモニア(NH₃)を用いたプラズマ還元処理、アルゴン(Ar)やヘリウム(He)雰囲気におけるスパッタ処理、若しくは、例えばフッ酸等の酸や塩基を用いた洗浄処理によって、電子放出部15を形成する前に、カソード電極11表面の自然酸化膜を除去を行ってもよい。尚、以下に説明する種々の方法においても同様である。

【0092】[工程-130] その後、表示装置の組み立てを行う。具体的には、例えば、カソードパネルCP上にスペーサ25を配置した後、アノード電極23と電界放出素子とが対向するようにアノードパネルAPとカソードパネルCPとを配置し、アノードパネルAPとカソードパネルCP(より具体的には、基板20と支持体10)とを、枠体24を介して、周縁部において接合する。接合に際しては、枠体24とアノードパネルAPとの接合部位、及び枠体24とカソードパネルCPとの接合部位にフリットガラスを塗布し、アノードパネルAP

RFパワー : 0.8kW(13.56MHz)

エッチング温度 : 60°C

【0088】[工程-110] その後、全面にレジスト材料から成るマスク層16を形成し、フォトリソグラフィ技術によって、マスク層16に孔部16Aを形成する(図3の(B)参照)。孔部16Aは、略矩形のカソード電極11の中央部に位置する。

【0089】[工程-120] 次に、ヘリコン波プラズマCVD装置を用いて、以下の表3に例示する条件によるヘリコン波プラズマ法CVDに基づき、露出したカソード電極11上に炭素から成る円錐状の電子放出部15を形成する。マスク層16上には、電子放出部は形成されない。その後、マスク層16を除去すると、図3の(C)に示す構造の電子放出部15を得ることができる。

【0090】

とカソードパネルCPと枠体24とを貼り合わせ、予備焼成にてフリットガラスを乾燥した後、約450°Cで10~30分の本焼成を行う。その後、アノードパネルAPとカソードパネルCPと枠体24と接着層(図示せず)とによって囲まれた空間を、貫通孔(図示せず)及びチップ管(図示せず)を通じて排気し、空間の圧力が 10^{-4} Pa 程度に達した時点でチップ管を加熱溶融により封じ切る。このようにして、アノードパネルAPとカソードパネルCPと枠体24とに囲まれた空間を真空にすることができる。その後、必要な外部回路との配線を行い、表示装置を完成する。

【0093】かかる構成を有する表示装置において、電界放出素子の電子放出部はカソード電極11上に形成された、仕事関数の低い円錐状の炭素から成り、その加工には、従来のスピント型電界放出素子に関して必要とされた複雑且つ高度な加工技術を何ら必要としない。しかも、炭素のエッチング加工が不要である。従って、表示装置の有効領域の面積が増大し、これに伴って電子放出部の形成数が著しく増大した場合にも、有効領域の全域に亘って各電子放出部の電子放出効率を均一化し、輝度ムラが極めて少ない高画質の表示装置を実現することができる。尚、得られた電子放出部15の形状を走査型電子顕微鏡を用いて観察したところ、電子放出部15の先端の曲率半径は約14nmであり、電子放出部の底部の

直径 R と、高さ H のアスペクト比(H/R)は3乃至7であり、電子放出部の底部の直径 R は、平均して、72 nmであった。

【0094】こうして得られた表示装置において、アノード電極23に加速電圧を印加し、電子放出部15に加わる電界 E (単位: $V/\mu m$)を計算から求め、一方、カソード電極11に0ボルトを印加し、放出電子電流 I (単位: $\times 10^{-4} A/\mu m$)を測定した。その結果を、図5に示す。図5からも明らかなように、電界 E が4 V/ μm において、充分なる放出電子電流 I が得られた。通常のスピンコート型電界放出素子においては、同じ程度の放出電子電流 I を得るための電界として、 $10^3 V/\mu m$ 程度が必要とされる。

【0095】図1に示した表示装置におけるアノードパネルAPの製造方法の一例を、以下、図4を参照して説明する。まず、発光性結晶粒子組成物を調製する。そのために、例えば、純水に分散剤を分散させ、ホモミキサーを用いて3000 rpmにて1分間、攪拌を行う。次に、先に説明した発光性結晶粒子を分散剤が分散した純水中に投入し、ホモミキサーを用いて5000 rpmにて5分間、攪拌を行う。その後、例えば、ポリビニルアルコール及び重クロム酸アンモニウムを添加して、十分に攪拌し、濾過する。

【0096】アノードパネルAPの製造においては、例えばガラスから成る基板20上の全面に感光性被膜40を形成(塗布)する。そして、露光光源(図示せず)から射出され、マスク43に設けられた孔部44を通過した露光光によって、基板20上に形成された感光性被膜40を露光して感光領域41を形成する(図4の(A)参照)。その後、感光性被膜40を現像して選択的に除去し、感光性被膜の残部(露光、現像後の感光性被膜)42を基板20上に残す(図4の(B)参照)。次に、全面にカーボン剤(カーボンスラリー)を塗布し、乾燥、焼成した後、リフトオフ法にて感光性被膜の残部42及びその上のカーボン剤を除去することによって、露出した基板20上にカーボン剤から成るブラックマトリクス22を形成し、併せて、感光性被膜の残部42を除去する(図4の(C)参照)。その後、露出した基板20上に、赤、緑、青の各蛍光体層21を形成する(図4の(D)参照)。具体的には、上述した各発光性結晶粒子(蛍光体粒子)から調製された発光性結晶粒子組成物(蛍光体スラリー)を全面に塗布し、露光、現像し、次いで、緑色の感光性の発光性結晶粒子組成物(蛍光体スラリー)を全面に塗布し、露光、現像し、更に、青色の感光性の発光性結晶粒子組成物(蛍光体スラリー)を全面に塗布し、露光、現像すればよい。その後、蛍光体層21及びブラックマトリクス22上にスパッタ法にて厚さ約0.07 μm のアルミニウム薄膜から成るアノード電極23を形成する。尚、スクリーン印刷法等により

各蛍光体層21を形成することもできる。

【0097】1画素を、ストライプ状のカソード電極と、その上に形成された電子放出部と、電子放出部に対面するようにアノードパネルの有効領域に配列された蛍光体層とによって構成してもよい。この場合、アノード電極もストライプ形状を有する。ストライプ状のカソード電極の射影像と、ストライプ状のアノード電極の射影像は直交している。アノード電極の射影像とカソード電極の射影像とが重複する領域に位置する電子放出部から電子が放出される。このような構成の表示装置の駆動は、所謂単純マトリクス方式により行われる。即ち、カソード電極に相対的に負の電圧を、アノード電極に相対的に正の電圧を印加する。その結果、列選択されたカソード電極と行選択されたアノード電極(あるいは、行選択されたカソード電極と列選択されたアノード電極)とのアノード電極/カソード電極重複領域に位置する電子放出部から選択的に真空空間中へ電子が放出され、この電子がアノード電極に引きつけられてアノードパネルを構成する蛍光体層に衝突し、蛍光体層を励起・発光させる。

【0098】このような構造の電界放出素子の製造にあたっては、[工程-100]において、例えばガラス基板から成る支持体10上に、例えばスパッタリング法により形成されたニッケル(Ni)層から成るカソード電極形成用の導電体層を形成した後、周知のリソグラフィ技術及びRIE法に基づき、導電体層をパターンニングすることによって、矩形形状のカソード電極の代わりにストライプ状のカソード電極11を支持体10上に形成すればよい。

【0099】(実施の形態2) 実施の形態2は、第1の構成に係る電界放出素子、及び、第1の構成に係る表示装置に関し、更には、本発明の第1Aの態様に係る製造方法に関する。

【0100】実施の形態2の表示装置の模式的な一部断面図を図9に示し、電界放出素子の模式的な一部断面図を図6の(C)及び図8に示し、電界放出素子における隔壁とカソード電極とゲート電極の配置を図7に示す。図9においては、開口部114Aの底部に露出した電子放出部15を1つしか図示していないが、実際には、多数の電子放出部15が露出している。

【0101】実施の形態2においては、図6の(C)に電界放出素子の模式的な一部断面図を示すように、開口部114Aを有するゲート電極113を更に備え、開口部114Aの底部に位置するカソード電極11の部分に電子放出部15が選択的に形成されている。ゲート電極113は、ストライプ状の隔壁(リブ)12Aによって支持されている。この点を除き、実施の形態2の電子放出装置、電界放出素子、表示装置の構成は、実施の形態1と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0102】以下、本発明の第1Aの態様に係る製造方法である実施の形態2の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を、図6を参照して説明するが、実施の形態2においては、電界放出素子は、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・カソード電極11の表面に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程と、
- ・電子放出部15の上方に、開口部114Aを有するゲート電極113を設ける工程、を経て形成される。

【0103】【工程-200】 10 先ず、支持体10上にゲート電極支持部を構成するストライプ状の隔壁12Aを、例えば、サンドブラスト法に基づき形成する。

【0104】【工程-210】その後、全面に、スピコーティング法にてレジスト材料層を形成し、隔壁12Aと隔壁12Aとのカソード電極を形成すべき領域の部分のレジスト材料層を除去する。その後、実施の形態1の【工程-100】と同様にして、ニッケル(Ni)から成るカソード電極用の導電体層をスパッタ法にて全面に形成した後、レジスト材料層を除去する。これによって、レジスト材料層上に形成されたカソード電極用の導電体層も除去され、隔壁12Aと隔壁12Aとの間に、隔壁12Aと平行に延びるストライプ状のカソード電極11が残される(図6の(A)参照)。隔壁12Aと隔壁12Aとの間を、第2の開口部114Bと呼ぶ。

【0105】【工程-220】その後、全面にレジスト材料から成るマスク層16を形成し、フォトリソグラフィ技術によって、マスク層16に孔部16Aを形成する。略矩形形状の孔部16Aは、電子放出部を形成すべきカソード電極11の領域に位置する。そして、実施の形態1の【工程-120】と同様の工程を実行する(図6の(B)参照)。カソード電極11の上には多数の電子放出部15が形成される。

【0106】【工程-230】 40 一方、図7あるいは図10の模式的な一部平面図に例示するような、開口部114Aが形成された帯状材料層(金属箔)113Aを準備する。そして、かかる帯状材料層113Aを、隔壁12Aの頂面に接するように、且つ、電子放出部15の上方に開口部114Aが位置するように帯状材料層113Aを張架した状態で、帯状材料層113Aを隔壁12Aの頂面に、熱硬化性接着剤(例えばエポキシ系接着剤)を用いて固定することによって(図6の(C)参照)、電子放出部15の上方にゲート電極113を設けることができる。あるいは又、図8に、支持体10の端部近傍の模式的な一部断面図を示すように、帯状材料113Aの両端部は、支持体10の周辺部に固定されている構造とすることもできる。より具体的には、例えば、支持体10の周辺部に突起部116を予め形成しておき、この突起部116の頂面に帯状材料層113Aを構成する材料と同じ材料の薄膜117を形成しておく。そして、帯状

材料層113Aを張架した状態で、かかる薄膜117に、例えばレーザーを用いて溶接することで、電子放出部15の上方に、開口部114Aを有するゲート電極113を設けることができる。尚、突起部116は、例えば、隔壁12Aの形成と同時に形成することができる。ここで、帯状材料層113Aの射影像と、カソード電極11の射影像が直交するように、帯状材料層113Aは張架されている。

【0107】【工程-240】その後、実施の形態1の【工程-130】と同様の工程を実行することで、表示装置を完成させる。尚、ゲート電極が設けられている場合、一般に、カソードパネルCPとアノードパネルAPとの間の距離は、枠体24を用いることで、1mm前後とすることができる。

【0108】実施の形態2の表示装置においては、カソード電極11に相対的な負電圧がカソード電極制御回路30から印加され、ゲート電極113には相対的な正電圧がゲート電極制御回路31から印加され、アノード電極23にはゲート電極113よりも更に高い正電圧がアノード電極制御回路32から印加される。かかる表示装置において表示を行う場合、例えば、カソード電極11にカソード電極制御回路30から走査信号を入力し、ゲート電極113にゲート電極制御回路31からビデオ信号を入力する。輝度は、カソード電極11に印加される電圧によって制御される。カソード電極11とゲート電極113との間に電圧を印加した際に生ずる電界により、量子トンネル効果に基づき電子放出部15から電子が放出され、この電子がアノード電極23に引き付けられ、蛍光体層21に衝突する。その結果、蛍光体層21が励起されて発光し、所望の画像を得ることができる。

【0109】(実施の形態3) 実施の形態3は、第2の構成に係る電界放出素子、及び、第2の構成に係る表示装置に関し、更には、本発明の第1Bの態様に係る製造方法に関する。

【0110】実施の形態3においては、図12に模式的な一部端面図を示すように、支持体10及びカソード電極11上には絶縁層12が形成されており、絶縁層12上にゲート電極13が設けられており、ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通した第2の開口部14Bが絶縁層12に形成されており、第2の開口部14Bの底部に電子放出部15が露出している。この点を除き、実施の形態3の電子放出装置、電界放出素子、表示装置の構成は、実施の形態1と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。尚、実施の形態3の表示装置の模式的な一部端面図を図13に示し、図14には表示装置の模式的な分解斜視図を示す。図13においては、第2の開口部14Bの底部に露出した電子放出部15を1つしか図示していないが、実際には、多数の電子放出部15が露出している。

【0111】以下、本発明の第1Bの態様に係る製造方

法である実施の形態3の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を、図11及び図12を参照して説明するが、実施の形態3においては、電界放出素子は、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・支持体10及びカソード電極11上に絶縁層12を形成する工程と、

- ・絶縁層12上に、第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設ける工程と、

- ・ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通する第2の開口部14Bを絶縁層12に形成する工程と、

- ・第2の開口部12の底部に位置するカソード電極11の表面に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程、を経て形成される。

【0112】[工程-300] 先ず、実施の形態1の[工程-100]と同様にして、支持体10上にNiから成るストライプ状のカソード電極11を形成する。尚、ストライプ状のカソード電極11は、図面の紙面左右方向に延びている。

【0113】[工程-310] その後、支持体10及びカソード電極11上に、例えば、TEOS CVD法に基づき、厚さ3 μ mのSiO₂から成る絶縁層12を形成する(図11の(A)参照)。

【0114】[工程-320] 次に、絶縁層12上に第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設ける。具体的には、例えば、アルミニウム層を全面にスパッタ法にて成膜した後、フォトリソグラフィ技術及びドライエッチング技術によってアルミニウム層をパターニングすることにより、アルミニウムから成りストライプ状のゲート電極13を形成することができる。ここで、ゲート電極13の射影像と、カソード電極11の射影像が直交するように、ゲート電極13はパターニングされている。

【0115】[工程-330] その後、レジスト材料層を全面に形成し、第1の開口部14Aを形成すべき部分のレジスト材料層に孔部を形成する。そして、かかるレジスト材料層をエッチング用マスクとして、ゲート電極13をドライエッチングしてゲート電極に第1の開口部14Aを設け、更に、その下に位置する絶縁層12に第2の開口部14Bを形成した後、レジスト材料層を除去する(図11の(B)参照)。

【0116】[工程-340] 次いで、実施の形態1の[工程-110]と同様にして、全面にレジスト材料から成るマスク層16を形成し、フォトリソグラフィ技術によって、第2の開口部14Bの底部に露出したカソード電極11の中央部に位置するマスク層16の部分に孔部16Aを形成する(図11の(C)参照)。

【0117】[工程-350] その後、実施の形態1の[工程-120]と同様の工程を実行することによって、第2の開口部14Bの底部に位置するカソード電極

11の表面に、炭素から成る錐状の電子放出部15を形成した後、マスク層16を除去する。こうして、図12に示す構造を得ることができる。その後、実施の形態1の[工程-130]と同様の工程を実行することによって、表示装置を完成させる。

【0118】(実施の形態4) 実施の形態4は、第2の構成に係る電界放出素子、及び、第2の構成に係る表示装置に関し、更には、本発明の第1Cの態様に係る製造方法に関する。尚、実施の形態4の電界放出素子の構造は、実施的に、実施の形態3にて説明した電界放出素子と同じであるが故に、詳細な説明は省略する。

【0119】以下、本発明の第1Cの態様に係る製造方法である実施の形態4の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を、図15を参照して説明するが、実施の形態4においては、電界放出素子は、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・カソード電極11の表面に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程と、

- ・支持体10及び電子放出部15上(更には、カソード電極11上)に絶縁層12を形成する工程と、

- ・絶縁層12上に、第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設ける工程と、

- ・ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通し、底部に電子放出部15が露出した第2の開口部14Bを絶縁層12に形成する工程、を経て形成される。

【0120】[工程-400] 先ず、実施の形態1の[工程-100]と同様にして、支持体10上にNiから成るカソード電極11を形成した後、[工程-110]及び[工程-120]と同様にして、電子放出部15を選択的に形成する(図15の(A)参照)。

【0121】[工程-410] その後、全面に(より具体的には、支持体10、カソード電極11及び電子放出部15上に)、例えば、TEOS CVD法に基づき、厚さ3 μ mのSiO₂から成る絶縁層12を形成する(図15の(B)参照)。

【0122】[工程-420] 次に、絶縁層12上に第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設ける。具体的には、例えば、アルミニウム層を全面にスパッタ法にて成膜した後、フォトリソグラフィ技術及びドライエッチング技術によってアルミニウム層をパターニングすることにより、アルミニウムから成りストライプ状のゲート電極13を形成することができる。ここで、ゲート電極13の射影像と、カソード電極11の射影像が直交するように、ゲート電極13はパターニングされている。

【0123】[工程-430] その後、レジスト材料層を全面に形成し、第1の開口部14Aを形成すべき部分のレジスト材料層に孔部を形成する、そして、かかるレジスト材料層をエッチング用マスクとして、ゲート電極13をドライエッチングしてゲート電極13に第1の開

口部14Aを設け、更に、その下に位置する絶縁層12に第2の開口部14Bを形成する。これによって、第2の開口部14Bの底部には電子放出部15が露出する。その後、レジスト材料層を除去することによって、図15の(C)に示す電界放出素子を得ることができる。

【0124】[工程-440] 次いで、実施の形態1の[工程-130]と同様の工程を実行することによって、表示装置を完成させる。

【0125】(実施の形態5) 実施の形態5は、実施の形態1の変形であり、本発明の第2の態様に係る製造方法に関する。

【0126】実施の形態5においては、図16の(D)に模式的な一部端面図を示すように、導電体層あるいはカソード電極11と電子放出部15との間に、金属薄膜(具体的には、実施の形態5においてはニッケル薄膜)から成る電子放出部形成層50が選択的に形成されている。この点を除き、実施の形態5の電子放出装置、電界放出素子、表示装置の構成は、実施の形態1と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0127】実施の形態5においては、導電体層あるいはカソード電極11を構成する材料としてアルミニウム(AI)を用い、電子放出部形成層50を構成する材料としてニッケル(Ni)を用いた。

【0128】以下、実施の形態5の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を、図16を参照して説明するが、実施の形態5においては、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・カソード電極11上に電子放出部形成層50を形成する工程と、
- ・電子放出部形成層50上に炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程、を経て形成される。

【0129】[工程-500] 先ず、例えばガラス基板から成る支持体10上にカソード電極形成用の導電体層を形成し、次いで、リソグラフィ技術及び反応性イオンエッチング法(RIE法)に基づき導電体層をパターニングすることによって、略矩形のカソード電極11及び電極11A(図示せず)を支持体10上に形成する(図16の(A)参照)。カソード電極11及び電極11Aは、例えばスパッタ法により形成された厚さ約0.2μmのアルミニウム(AI)から成る。

【0130】[工程-510] その後、全面にレジスト材料から成るマスク層16を形成し、フォトリソグラフィ技術によって、マスク層16に孔部16Aを形成する(図16の(B)参照)。孔部16Aは、略矩形のカソード電極11の中央部に位置する。

【0131】[工程-520] 次に、実施の形態1の[工程-100]に示したと同様の条件にて、全面にスパッタ法にてニッケル層を形成した後、リフトオフ法にてマスク層16を除去する。これによって、図16の(C)に示すように、カソード電極11の表面の所望の

部分に電子放出部形成層50を形成することができる。

【0132】[工程-530] その後、実施の形態1の[工程-120]と同様にして、電子放出部形成層50上に炭素から成る円錐状の電子放出部15を形成する(図16の(D)参照)。露出したアルミニウムから成るカソード電極11上には、電子放出部は形成されない。

【0133】尚、プラズマCVD条件(特に、支持体10へのバイアス電圧、プラズマ密度、電子温度、イオン電流密度)及び下地である電子放出部形成層50の表面状態に依って、低温(例えば100°C)でも円錐形状の電子放出部15を得ることができる。電子放出部を構成する炭素の結晶性を変化させるために、合成条件は随時変化させてもよい。また、電子放出特性を向上させるために、例えば、水素(H₂)やアンモニア(NH₃)を用いたプラズマ還元処理、アルゴン(Ar)やヘリウム(He)雰囲気におけるスパッタ処理、若しくは、例えばフッ酸等の酸や塩基を用いた洗浄処理によって、電子放出部15を形成する前に、電子放出部形成層50表面の自然酸化膜を除去を行ってもよい。尚、以下に説明する種々の方法においても同様である。

【0134】[工程-540] その後、実施の形態1の[工程-130]と同様にして、表示装置を完成させる。

【0135】かかる構成を有する表示装置において、電子放出部形成層50上に形成された電界放出素子の電子放出部は、仕事関数の低い円錐状の炭素から成り、その加工には、従来のスピント型電界放出素子に関して必要とされた複雑且つ高度な加工技術を何ら要しない。しかも、電子放出部15は、電子放出部形成層50上に選択的に形成され、炭素のエッチング加工が不要である。従って、表示装置の有効領域の面積が増大し、これに伴って電子放出部の形成数が著しく増大した場合にも、有効領域の全域に亘って各電子放出部の電子放出効率を均一化し、輝度ムラが極めて少ない高画質の表示装置を実現することができる。

【0136】尚、ストライプ状のカソード電極とストライプ状のアノード電極から構成された実施の形態1の変形例を、実施の形態5に適用することができる。

【0137】(実施の形態6) 実施の形態6は、実施の形態2の変形であり、第3の構成に係る電界放出素子、及び、第3の構成に係る表示装置に関し、更には、本発明の第2の態様に係る製造方法に関する。

【0138】実施の形態6においては、図17の(A)に電界放出素子の模式的な一部断面図を示すように、開口部114Aを有するゲート電極113を更に備え、開口部114Aの底部に位置するカソード電極11の部分の表面に電子放出部形成層50が形成され、電子放出部形成層50上に電子放出部15が形成されている。ゲート電極113は、ストライプ状の隔壁(リブ)12Aに

よって支持されている。この点を除き、実施の形態6の電子放出装置、電界放出素子、表示装置の構成は、実施の形態2と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0139】以下、本発明の第2Dの態様に係る実施の形態6の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を説明するが、実施の形態6においては、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・カソード電極11上に電子放出部形成層50を形成する工程と、
- ・電子放出部形成層50上に炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程と、
- ・電子放出部15の上方に、開口部114Aを有するゲート電極113を設ける工程、を経て形成される。

【0140】【工程-600】 先ず、支持体10上にゲート電極支持部を構成する隔壁12Aを、例えば、サンドブラスト法に基づき形成する。

【0141】【工程-610】 その後、支持体10上にカソード電極11、電子放出部形成層50及び電子放出部15を形成する。具体的には、全面に、スパインコーティング法にてレジスト材料層を形成し、隔壁12Aと隔壁12Aとの間のカソード電極を形成すべき領域の部分のレジスト材料層を除去する。その後、実施の形態5の【工程-500】と同様にして、アルミニウム(A1)から成るカソード電極用の導電体層をスパッタ法にて全面に形成した後、レジスト材料層を除去する。これによって、レジスト材料層上に形成されたカソード電極用の導電体層も除去され、隔壁12Aと隔壁12Aとの間に、隔壁12Aと平行に延びるストライプ状のカソード電極11が残される。

【0142】【工程-620】 その後、実施の形態5の【工程-510】～【工程-530】と同様の工程を実行することによって、カソード電極11上に電子放出部形成層50を選択的に形成した後、電子放出部形成層50上に炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する。その後、実施の形態2の【工程-230】と同様の工程を実行して電界放出素子を完成させた後、【工程-240】と同様の工程を実行して、表示装置を完成させる。

【0143】（実施の形態7） 実施の形態7は、実施の形態3の変形であり、第4の構成に係る電界放出素子、及び、第4の構成に係る表示装置に関し、更には、本発明の第2Cの態様に係る製造方法に関する。

【0144】 実施の形態7においては、図17の(B)に模式的な一部端面図を示すように、支持体10及びカソード電極11上には絶縁層12が形成されており、絶縁層12上にゲート電極13が設けられており、ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通した第2の開口部14Bが絶縁層12に形成されており、第2の開口部14Bの底部に電子放出部15が露出している。第2の開口部14Bの底部に位置するカソード電極

11の部分の表面に電子放出部形成層50が形成され、電子放出部形成層50上に電子放出部15が形成されている。この点を除き、実施の形態7の電子放出装置、電界放出素子、表示装置の構成は、実施の形態3と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0145】以下、本発明の第2Cの態様に係る製造方法である実施の形態7の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を説明するが、実施の形態7においては、電界放出素子は、

- 10 ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・支持体10及びカソード電極11上に絶縁層12を形成する工程と、
- ・絶縁層12上に、第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設ける工程と、
- ・ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通する第2の開口部14Bを絶縁層12に形成する工程と、

- ・第2の開口部14Bの底部に位置するカソード電極11上に電子放出部形成層50を形成する工程と、
- 20 ・電子放出部形成層50上に炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程、を経て形成される。

【0146】【工程-700】 先ず、支持体10上にカソード電極11を形成する。具体的には、実施の形態5の【工程-500】と同様にして、支持体10上にアルミニウム(A1)から成るストライプ状のカソード電極11を形成する。次に、支持体10及びカソード電極11上に絶縁層12を形成し、次いで、絶縁層12上に、第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設けた後、ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通する第2の開口部14Bを絶縁層12に形成する。具体的には、実施の形態3の【工程-310】～【工程-330】と同様の工程を実行する。

【0147】【工程-710】 次いで、カソード電極11上に電子放出部形成層50を形成するが、実施の形態7においては、第2の開口部14Bの底部に位置するカソード電極11上に電子放出部形成層50を選択的に形成する。具体的には、実施の形態3の【工程-340】と同様にして、全面にレジスト材料から成るマスク層を形成し、フォトリソグラフィ技術によって、第2の開口部14Bの底部に露出したカソード電極11の中央部に位置するマスク層の部分に孔部を形成した後、実施の形態1の【工程-100】に示したと同様の条件にて、全面にスパッタ法にてニッケル層を形成し、次いで、マスク層を除去する。

【0148】【工程-720】 その後、実施の形態1の【工程-120】と同様の工程を実行することによって、第2の開口部14Bの底部に位置する電子放出部形成層50上に、炭素から成る錐状の電子放出部15を選択的に形成する。その後、実施の形態1の【工程-130】と同様の工程を実行することによって、表示装置を

完成させる。尚、電子放出部15の形成に際しては、ゲート電極13上に電子放出部15が形成されないようなプラズマCVD条件とすればよい。

【0149】（実施の形態8）実施の形態8は、実施の形態6の変形であり、第3の構成に係る電界放出素子、及び、第3の構成に係る表示装置に関し、更には、本発明の第2Aの態様に係る製造方法に関する。即ち、実施の形態8においては、電界放出素子は、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・カソード電極11上に電子放出部形成層50を形成する工程と、
- ・電子放出部形成層50の上方に、開口部114Aを有するゲート電極113を設ける工程と、
- ・開口部114Aの下方の電子放出部形成層50上に炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程、を経て形成される。

【0150】以下、実施の形態8の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を説明する。

【0151】【工程-800】先ず、実施の形態6の【工程-600】と同様にして、支持体10上にゲート電極支持部を構成する隔壁12Aを、例えば、サンドブラスト法に基づき形成する。

【0152】【工程-810】その後、支持体10上に、カソード電極11及び電子放出部形成層50を形成する。具体的には、全面に、スピコーティング法にてレジスト材料層を形成し、隔壁12Aと隔壁12Aとの間のカソード電極を形成すべき領域の部分のレジスト材料層を除去する。その後、実施の形態5の【工程-500】と同様にして、アルミニウム（Al）から成るカソード電極用の導電体層をスパッタ法にて全面に形成した後、レジスト材料層を除去する。これによって、レジスト材料層上に形成されたカソード電極用の導電体層が除去され、隔壁12Aと隔壁12Aとの間に、隔壁12Aと平行に延びるカソード電極11が残される。

【0153】【工程-820】その後、全面に、スピコーティング法にてレジスト材料から成るマスク層を形成し、隔壁12Aと隔壁12Aとの間のカソード電極11上の電子放出部形成層50を形成すべき領域の部分のマスク層を除去する。その後、実施の形態1の【工程-100】と同様にして、ニッケル層をスパッタ法にて全面に形成した後、マスク層を除去する。これによって、マスク層上に形成されたニッケル層が除去され、隔壁12Aと隔壁12Aとの間のカソード電極11上に形成されたニッケル層から成る電子放出部形成層50が選択的に残される。

【0154】【工程-830】その後、実施の形態2の【工程-230】と同様の工程を実行して、電子放出部形成層50の上方に開口部114Aを有するゲート電極113を設ける。

【0155】【工程-840】次に、実施の形態1の

【工程-120】と同様の工程を実行することによって、開口部114Aの下方の電子放出部形成層50上に、選択的に、炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する。こうして、図17の（A）に示したと同様の電界放出素子を得ることができる。その後、実施の形態1の【工程-130】と同様の工程を実行することによって、表示装置を完成させる。

【0156】（実施の形態9）実施の形態9は、実施の形態7の変形であり、第4の構成に係る電界放出素子、及び、第4の構成に係る表示装置に関し、更には、本発明の第2Bの態様に係る製造方法に関する。即ち、実施の形態9においては、電界放出素子は、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・カソード電極11上に電子放出部形成層50を形成する工程と、
- ・支持体10及び電子放出部形成層50上（更には、カソード電極11上）に絶縁層12を形成する工程と、
- ・絶縁層12上に、第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設ける工程と、
- ・ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通する第2の開口部14Bを絶縁層12に形成する工程と、
- ・第2の開口部14Bの底部に位置する電子放出部形成層50上に炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する工程、を経て形成される。

【0157】以下、実施の形態9の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を、図18を参照して説明する。

【0158】【工程-900】先ず、実施の形態5の【工程-500】と同様にして、支持体10上にアルミニウム層を成膜した後、実施の形態1の【工程-100】に示したと同様の条件にて、アルミニウム層上にニッケル層をスパッタ法にて形成する。次いで、ニッケル層及びアルミニウム層をパターンニングすることによって、カソード電極11、及び、その上に形成された電子放出部形成層50を得ることができる。ここで、カソード電極11及び電子放出部形成層50は、図面の紙面左右方向に延びている。

【0159】【工程-910】その後、支持体10及び電子放出部形成層50上に、例えば、TEOS CVD法に基づき、厚さ3 μ mのSiO₂から成る絶縁層12を形成する（図18の（A）参照）。

【0160】【工程-920】次いで、実施の形態3の【工程-320】と同様にして、絶縁層12上に第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設け、【工程-330】と同様にして、ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通する第2の開口部14Bを絶縁層12に形成する。ここで、ゲート電極13の射影像と、カソード電極11の射影像が直交するように、ゲート電極13はパターンニングされている。

【0161】[工程-930]その後、実施の形態1の[工程-120]と同様の工程を実行することによって、第2の開口部14Bの底部に位置する電子放出部形成層50上に、炭素から成る錐状の電子放出部15を形成する。その後、実施の形態1の[工程-130]と同様の工程を実行することによって、表示装置を完成させる。尚、電子放出部15の形成に際しては、ゲート電極13上に電子放出部15が形成されないようなプラズマCVD条件とすればよい。

【0162】(実施の形態10) 実施の形態10も、実施の形態7の変形であり、第4の構成に係る電界放出素子、及び、第4の構成に係る表示装置に関し、更には、本発明の第2Eの態様に係る製造方法に関する。即ち、実施の形態10においては、電界放出素子は、

- ・支持体10上にカソード電極11を形成する工程と、
- ・カソード電極11上に電子放出部形成層50を形成する工程と、
- ・電子放出部形成層50上に炭素から成る錐状の電子放出部15を選択的に形成する工程と、
- ・支持体10及び電子放出部15上(更には、電子放出部形成層50上)に絶縁層12を形成する工程と、
- ・絶縁層12上に、第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設ける工程と、
- ・ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通し、底部に電子放出部15が露出した第2の開口部14Bを絶縁層12に形成する工程、を経て形成される。

【0163】以下、実施の形態10の電界放出素子の製造方法及び表示装置の製造方法を、図19を参照して説明する。

【0164】[工程-1000] 先ず、実施の形態5の[工程-500]と同様にして、支持体10上にアルミニウム層を成膜した後、実施の形態1の[工程-100]に示したと同様の条件にて、アルミニウム層上にニッケル層をスパッタ法にて形成する。次いで、ニッケル層及びアルミニウム層をパターニングすることによって、カソード電極11、及び、その上に形成された電子放出部形成層50を得ることができる。ここで、カソード電極11及び電子放出部形成層50は、図面の紙面左右方向に延びている。

【0165】[工程-1010] その後、実施の形態1の[工程-110]及び[工程-120]と同様の工程を実行することによって、電子放出部形成層50上に、炭素から成る錐状の電子放出部15を、選択的に形成する。

【0166】[工程-1020] その後、全面に(具体的には、支持体10上、電子放出部15上、更には、露出している電子放出部形成層50上に)、例えば、TEOS CVD法に基づき、厚さ3 μ mのSiO₂から成る絶縁層12を形成する(図19の(A)参照)。

【0167】[工程-1030] 次いで、実施の形態3

の[工程-320]と同様にして、絶縁層12上に第1の開口部14Aを有するゲート電極13を設け、[工程-330]と同様にして、ゲート電極13に設けられた第1の開口部14Aに連通する第2の開口部14Bを絶縁層12に形成する。これによって、第2の開口部14Bの底部には電子放出部15が露出する(図19の(B)参照)。

【0168】[工程-1040] その後、実施の形態1の[工程-130]と同様の工程を実行することによって、表示装置を完成させる。

【0169】以上、本発明を、発明の実施の形態に基づき説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。発明の実施の形態にて説明した、電子放出装置や冷陰極電界電子放出素子、冷陰極電界電子放出表示装置の具体的な構造、これらの製造条件、使用した材料等は例示であり、適宜変更することができる。また、発明の実施の形態においては、専ら、スパッタ法にて形成されたニッケル層をカソード電極に使用し、あるいは又、電子放出部形成層に使用したが、カソード電極あるいは電子放出部形成層は、これに限定するものではなく、電子放出部を形成(合成)するときの雰囲気中で触媒作用を有する金属を用いればよい。また、スパッタ法以外の物理的気相成長法(例えば、電子ビーム加熱法に基づく真空蒸着法)や、メッキ法(例えば、亜鉛メッキ液や錫メッキ液を用いたメッキ法)に基づき形成することもできる。メッキ法を用いる場合、例えばゲート電極を陽極側に接続しておけば、ゲート電極上に電子放出部形成層が形成されることを防止することができる。プラズマCVD法に基づく炭素から成る電子放出部の形成においては、その他、誘導結合型プラズマCVD法、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法、又は、容量結合型プラズマCVD法を採用することもできる。

【0170】本発明の冷陰極電界電子放出素子において、ゲート電極13及び絶縁層12には更に第2絶縁層60を設け、第2絶縁層60上に収束電極61を設けてもよい。このような構造を有する電界放出素子の一例の模式的な一部端面図を図20に示す。第2絶縁層61には第1の開口部14Aに連通した第3の開口部62が設けられている。収束電極61の形成は、例えば、絶縁層12上にストライプ状のゲート電極13を形成した後、第2絶縁層60を形成し、次いで、第2絶縁層60上にパターニングされた収束電極61を形成した後、収束電極61、第2絶縁層60に第3の開口部62を設け、更に、ゲート電極13に第1の開口部14Aを設ければよい。

【0171】本発明の電子放出装置を、表面伝導型電子放出装置と通称される素子に適用することもできる。この表面伝導型電子放出装置は、例えばガラスから成る支持体上に酸化錫(SnO₂)、金(Au)、酸化インジウム(In₂O₃)／酸化錫(SnO₂)、カーボン、酸

化パラジウム（PdO）等の導電材料から成り、微小面積を有し、所定の間隔（ギャップ）を開けて配された一対の電極がマトリクス状に形成されて成る。そして、一対の電極の内の一方の電極に行方向配線が接続され、一対の電極の内の他方の電極に列方向配線が接続された構成を有する。かかる表面伝導型電子放出装置においては、各一対の電極（導電体層に相当する）の表面に電子放出部形成層を形成し、その上に、炭素から成る錐状の電子放出部を形成する。一対の電極に電圧を印加することによって、ギャップを挟んで向かい合った電子放出部に電界が加わり、電子放出部から電子が放出される。かかる電子をアノードパネル上の蛍光体層に衝突させることによって、蛍光体層が励起されて発光し、所望の画像を得ることができる。

【0172】

【発明の効果】本発明においては、炭素から成る錐状の電子放出部が備えられているので、より一層低い電界での電子放出が可能となり、非常に高い電子放出効率を達成することができる。また、本発明においては、選択的に電子放出部を形成することができるので、電子放出部を所望の形状にするためのパターンニングといった処理は一切不要である。しかも、電子放出部の形成温度を低温とすることができるので、例えば、ガラス基板から成る支持体を何ら問題なく使用することができる。更には、高精度の半導体製造プロセスを用いることなく、サブミクロンオーダー以下の電子放出部を形成することができるし、従来の電子放出部製造プロセスと比較して、製造工数の低減を図ることができる。また、低消費電力の冷陰極電界電子放出表示装置を得ることができるし、高画質で大画面の冷陰極電界電子放出表示装置を均一な輝度分布にて提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置の模式的な一部断面図である。

【図2】発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出素子におけるカソード電極と電子放出部を示す模式的な斜視図である。

【図3】発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部断面図である。

【図4】アノードパネルAPの製造方法を説明するための基板等の模式的な一部断面図である。

【図5】発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置において、電子放出部に加わる電界と放出電子電流の関係を測定した結果を示すグラフである。

【図6】発明の実施の形態2の冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部断面図である。

【図7】発明の実施の形態2の冷陰極電界電子放出素子におけるゲート電極、隔壁、カソード電極の配置を模式

的に示す一部平面図である。

【図8】発明の実施の形態2の冷陰極電界電子放出素子の変形例におけるゲート電極の張架方法を説明するための支持体等の模式的な一部断面図である。

【図9】発明の実施の形態2の冷陰極電界電子放出表示装置の模式的な一部端面図である。

【図10】発明の実施の形態2におけるゲート電極の有する複数の開口部を示す模式的な平面図である。

【図11】発明の実施の形態3の冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図12】図11に引き続き、発明の実施の形態3の冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図13】発明の実施の形態3の冷陰極電界電子放出表示装置の模式的な一部端面図である。

【図14】発明の実施の形態3の冷陰極電界電子放出表示装置の模式的な分解斜視図である。

【図15】発明の実施の形態4の冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図16】発明の実施の形態5の冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部断面図である。

【図17】発明の実施の形態6及び発明の実施の形態7の冷陰極電界電子放出素子の模式的な一部断面図及び一部端面図である。

【図18】発明の実施の形態9の冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図19】発明の実施の形態10の冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図20】収束電極を備えた冷陰極電界電子放出素子の模式的な一部端面図である。

【図21】スピント型冷陰極電界電子放出素子を備えた従来の冷陰極電界電子放出表示装置の構成例を示す模式図である。

【図22】従来のスピント型冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図23】図22に引き続き、従来のスピント型冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

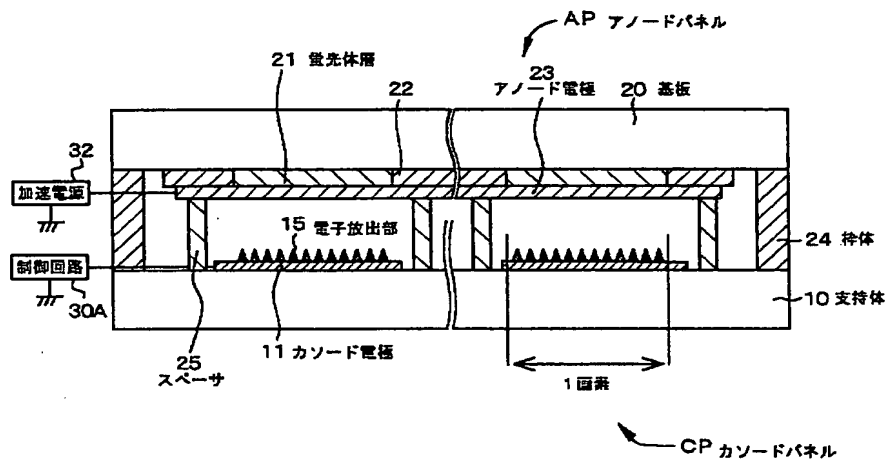
【符号の説明】

10・・・支持体、11・・・カソード電極、11A・・・配線、12・・・絶縁層、12A・・・隔壁、13、113・・・ゲート電極、113A・・・帯状材料層、14A、114A、14B、114B・・・開口部、15・・・電子放出部、16・・・レジスト材料

層、116・・・突起部、117・・・薄膜、20・・・支持体、21、21R、21G、21B・・・蛍光体層、22・・・ブラックマトリクス、23・・・アノード電極、24・・・枠体、25・・・スペーサ、30・・・

・・・カソード電極制御回路、30A、31・・・ゲート電極制御回路、32・・・アノード電極制御回路、50・・・電子放出部形成層

【図1】

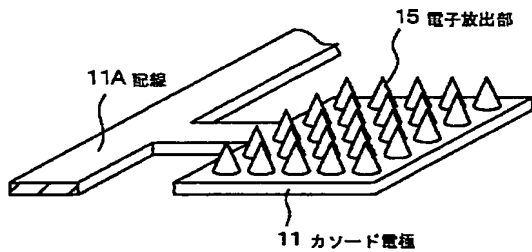


【図1】

【図2】

【図3】

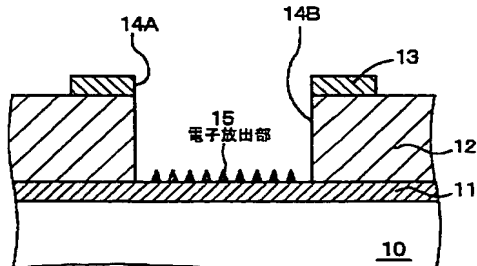
【図2】



【図12】

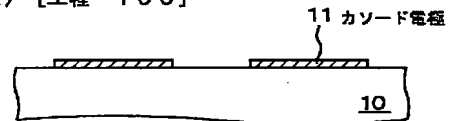
【図12】

【工程-350】

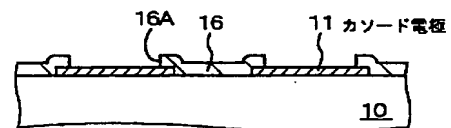


【図3】

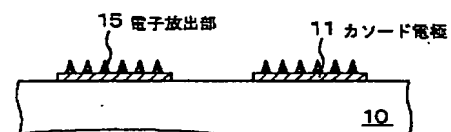
(A) 【工程-100】



(B) 【工程-110】

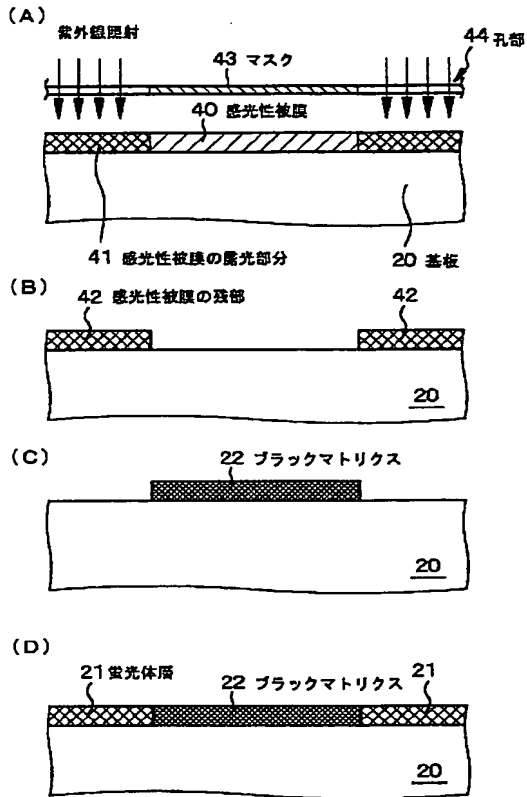


(C) 【工程-120】



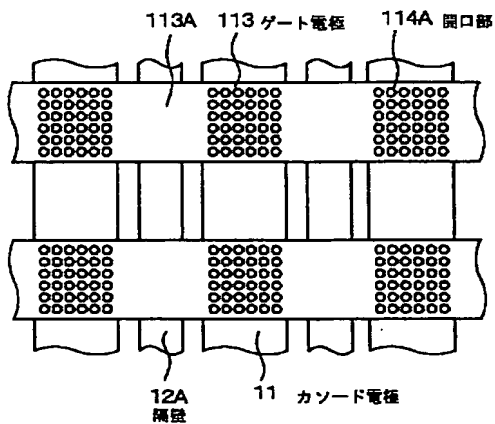
【図4】

【図4】



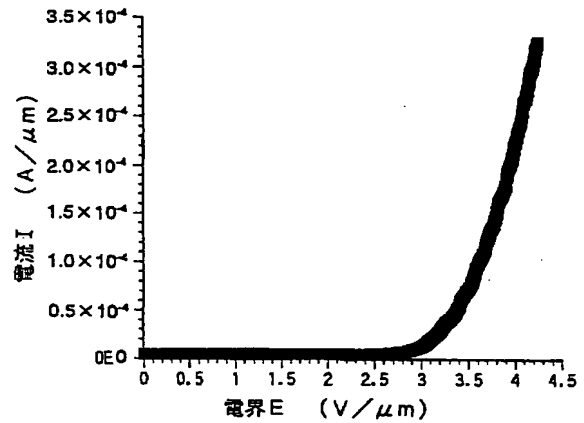
【図7】

【図7】



【図5】

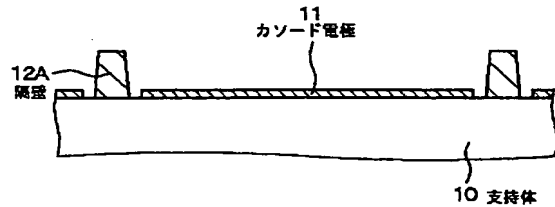
【図5】



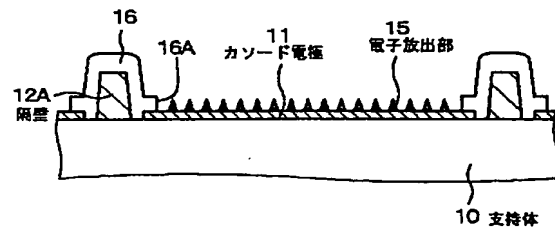
【図6】

【図6】

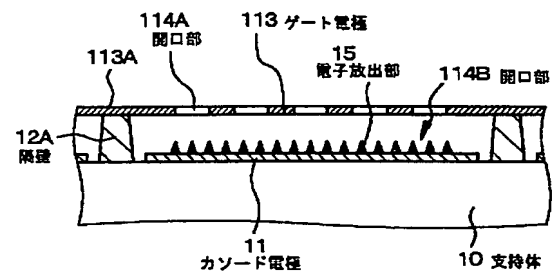
(A) 【工程-210】



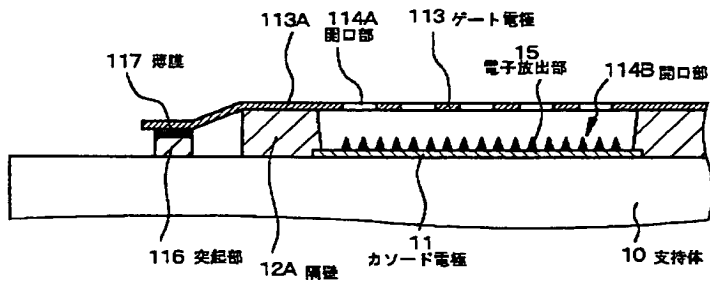
(B) 【工程-210】 続き



(C) 【工程-230】

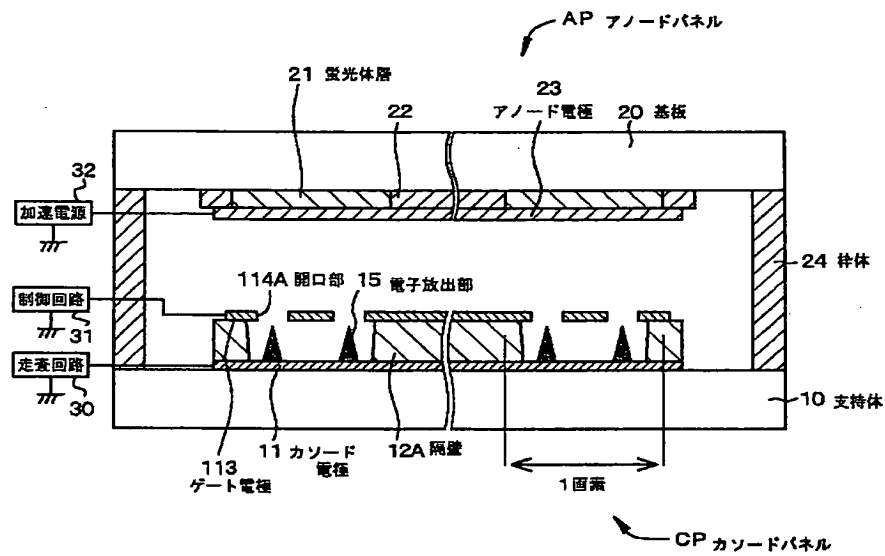


【図8】



【8図】

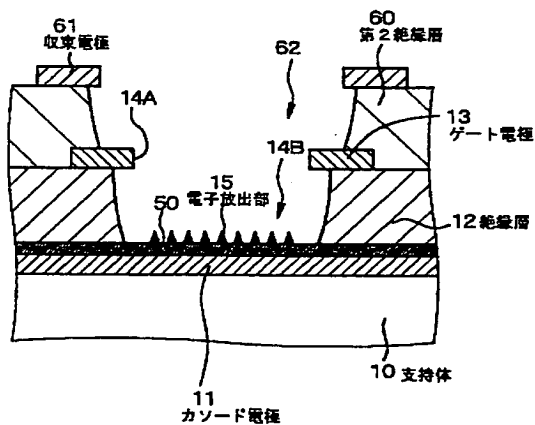
【図9】



【9図】

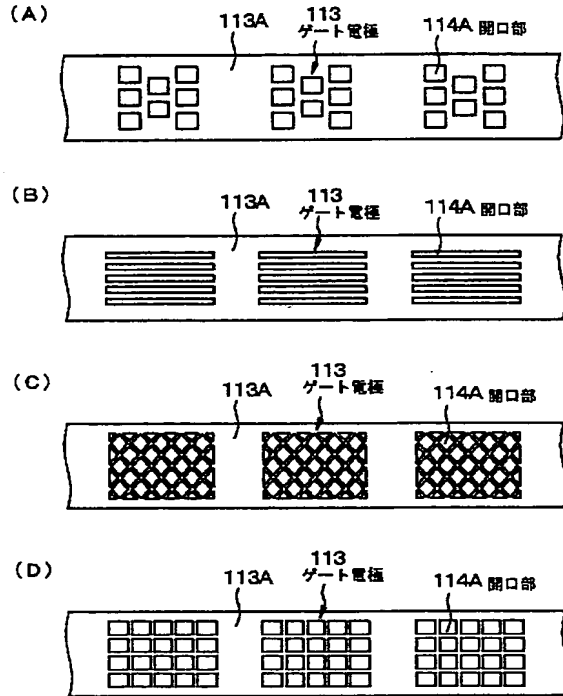
【図20】

【図20】



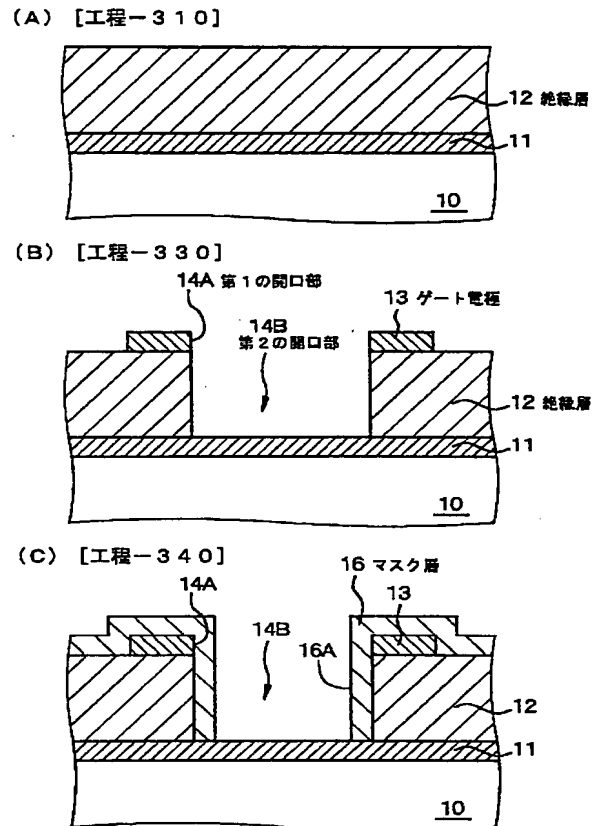
【図10】

【図10】

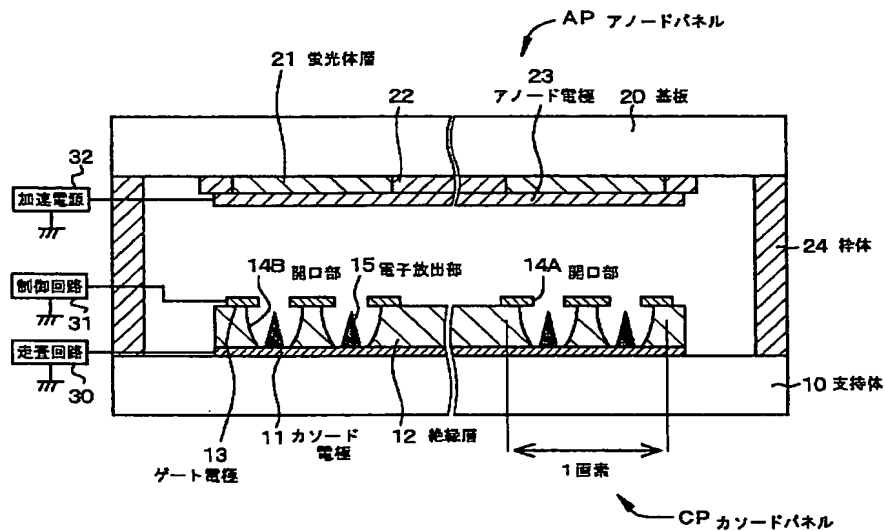


【図11】

【図11】



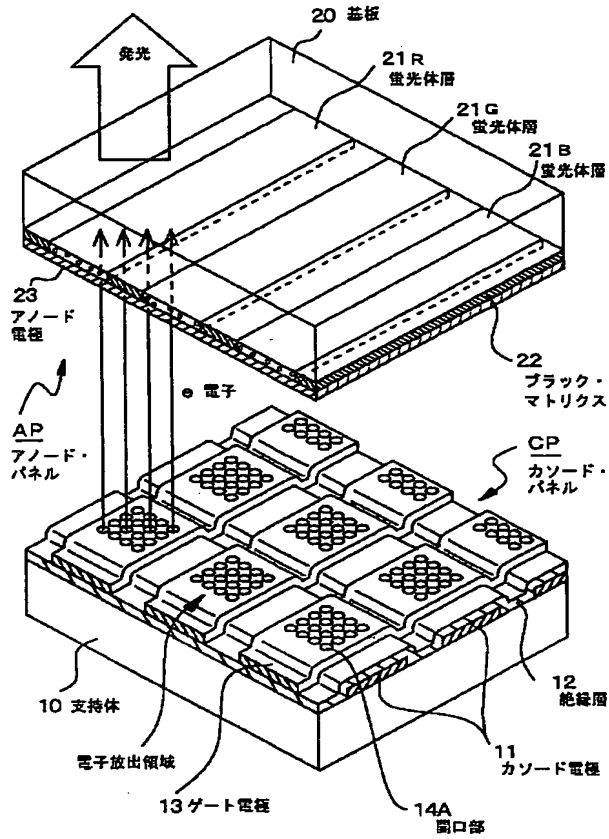
【図13】



【図13】

【図14】

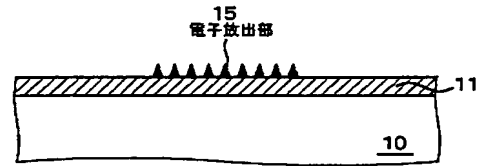
【図14】



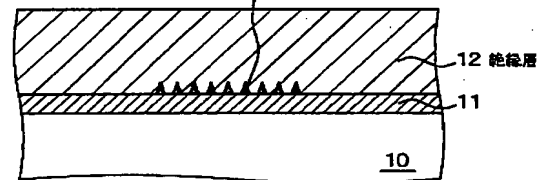
【図15】

【図15】

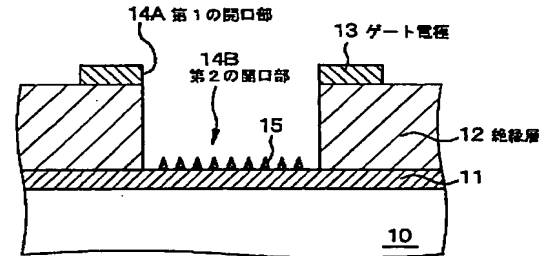
(A) 【工程-400】



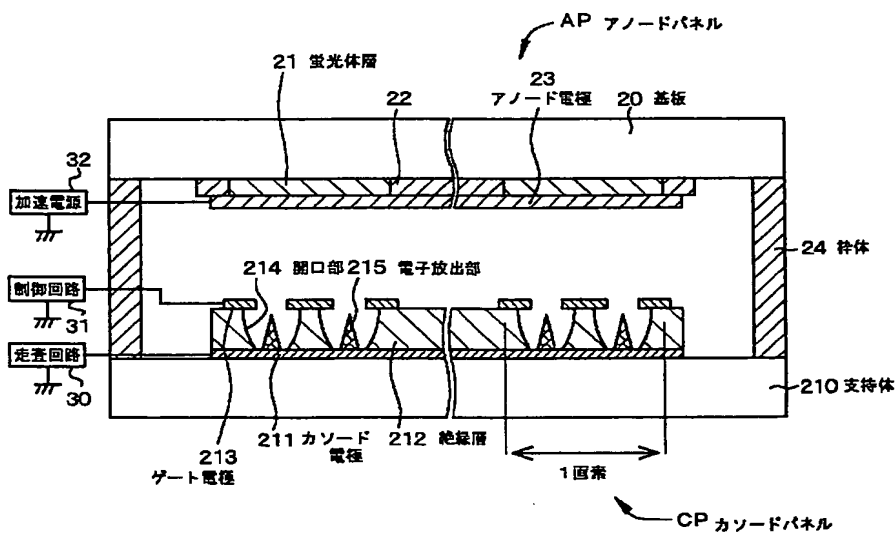
(B) 【工程-410】



(C) 【工程-430】



【図21】

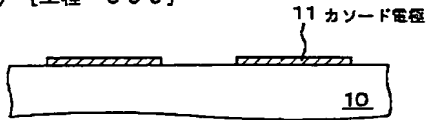


【図21】

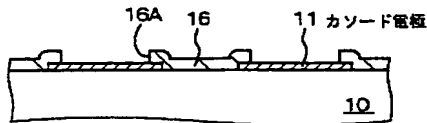
【図16】

【図16】

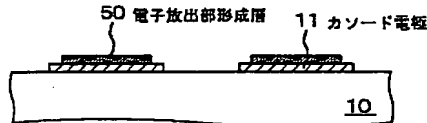
(A) 【工程-500】



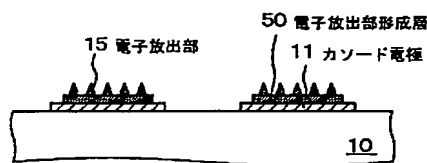
(B) 【工程-510】



(C) 【工程-520】



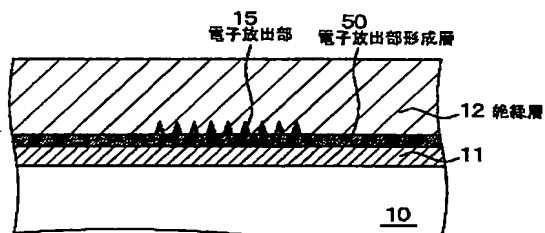
(D) 【工程-530】



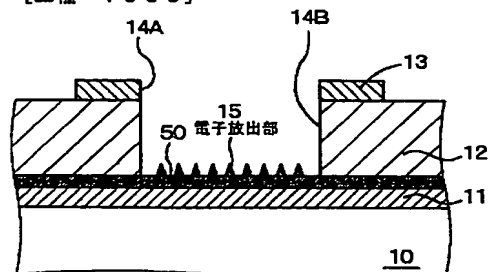
【図19】

【図19】

(A) 【工程-1010】



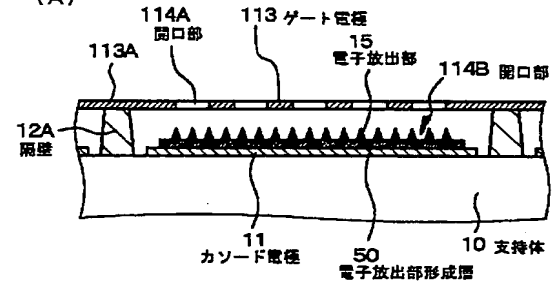
(B) 【工程-1030】



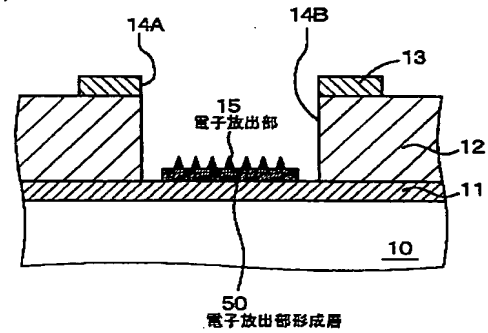
【図17】

【図17】

(A)



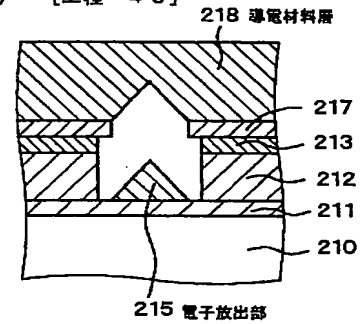
(B)



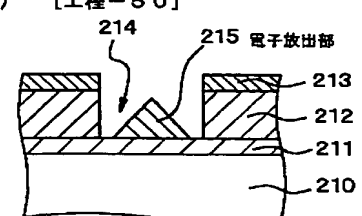
【図23】

【図23】

(A) 【工程-40】



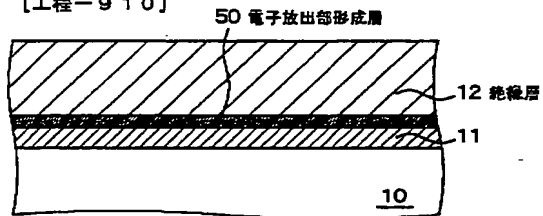
(B) 【工程-50】



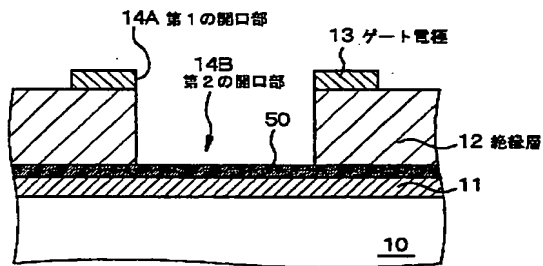
【図18】

【図18】

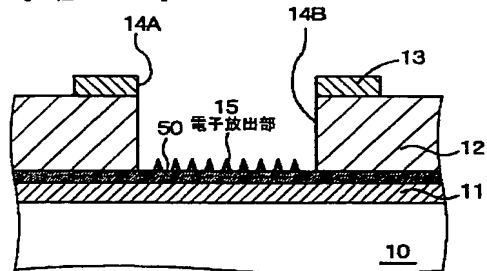
(A) 【工程-910】



(B) 【工程-920】



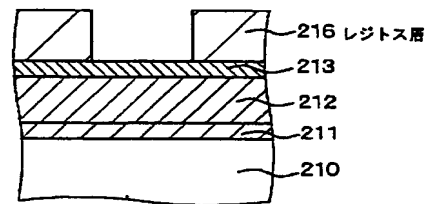
(C) 【工程-930】



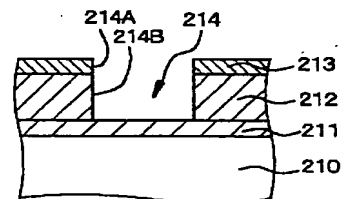
【図22】

【図22】

(A) 【工程-20】



(B) 【工程-20】 続き



(C) 【工程-30】

